KLEINS JAHRBUCH DER ASTRONOMIE UND GEOPHYSIK: ENTHALTEND...

JAHRBUCH

der

Astronomie und Geophysik.

Enthaltend die wichtigsten Fortschritte auf den Gebieten

der

Astrophysik, Meteorologie und physikalischen Erdkunde.

Unter Mitwirkung von Fachmännern

herausgegeben

von

Dr. Hermann J. Klein.

III. Jahrgang 1892.

Mit 5 Lichtdruck- und Chromotafeln.

EDUARD HEINRICH MAYER

Verlagsbuchhandlung

Leipzig 1893.

Geophysik.

Verzeichnis der Tafeln.

Astrophysik.

Die Sonne.

Untersuchungen über die Rotation der Sonne hat N. C. Dunér angestellt[1]), und zwar auf spektroskopischem Wege unter Zugrundelegung des Doppler'schen Prinzips (nach welchem die Wellenlänge eines Lichtstrahls proportional der Bewegung der Lichtquelle geändert wird). Das Spektroskop besass ein Diffraktionsgitter von 46000 Linien auf 81 *mm* Länge. Um rasch und bequem zwei entgegengesetzte Punkte des Sonnenrandes und ebenso die Mitte der Sonnenscheibe auf den Spalt projizieren zu können, war im Brennpunkte des Refraktors eine Platte mit 3 Öffnungen angebracht, eine in der Mitte, die beiden anderen in Distanzen hiervon, welche dem mittleren Sonnendurchmesser entsprechen. Jede dieser Öffnungen enthielt eine verschiebbare Linse, von denen diejenige der mittleren Öffnung eine etwas kürzere Brennweite besass als die beiden anderen. Vermöge je zweier totalreflektierender Prismen wurden nun die durch die beiden äusseren Linsen erzeugten Bilder des Sonnenrandes auf den Spalt projiziert, so dass sich die Spektra der beiden entgegengesetzten Sonnenränder dicht nebeneinander befanden. Die mittlere Öffnung wurde bei Beobachtung der Ränderspektra verschlossen.

Die Leistungen des angewandten Spektroskops sind sehr bedeutend, indem das von Dunér benutzte Spektrum der photographischen Darstellung von Rowland offenbar überlegen war. Dies wird auch dadurch bewiesen, dass es Prof. Dunér gelang, eine bis dahin allein stehende Beobachtung Young's zu verifizieren, nach welcher im Spektrum eines Kernfleckes die Abschwächung des kontinuierlichen Spektrums nicht auf einer allgemeinen Absorption beruht, sondern auf dem Auftreten unzähliger feiner schwarzer Linien, welche das kontinuierliche Spektrum wie ein Gitter durchziehen, und welche sich unter sehr günstigen Umständen auch noch ausserhalb des Kerns und der Penumbra als ganz ausserordentlich feine Linien verfolgen lassen. Dunér hat bemerkt, dass diese feinen Linien keineswegs in ungefähr gleichen Abständen von einander stehen, sondern dass sie ähnliche Gruppierungen von Doppellinien und Bändern bilden, wie die anderen Linien. Er zieht aus dem

---

[1]) Nova Acta Reg. Soc. Ups. 3. Ausführliches Referat von Dr. Scheiner in der Vierteljahrsschrift der Astr. Gesellschaft 27. p. 36—51.

Umstande, dass sich diese Linien auch auf der Photosphäre erkennen lassen, in Übereinstimmung mit Young den für die Sonnenphysik wichtigen Schluss, dass die Absorption innerhalb der Sonnenflecke nicht durch kondensierte flüssige oder feste Partikel bedingt ist, sondern durch Gase, deren Zusammensetzung sich von derjenigen über der Photosphäre nur quantitativ, nicht qualitativ unterscheidet.

Bei den Beobachtungen wurde der Spalt auf die Punkte des Sonnenrandes von 0°, 15°, 30°, 45°, 60°, 75° heliozentrischer Breite eingestellt, und zwar wurden behufs Erzielung grösserer Genauigkeit die Messungen nicht genau am Rande, sondern in 3″ bis 6″ Abstand von demselben ausgeführt. Die Messungen selbst sind relative, indem mittels des Mikrometers die Distanz zwischen einer tellurischen und einer Sonnenlinie an den beiden entgegengesetzten Punkten des Sonnenrandes gemessen wurde; im Jahre 1889 wurden die Messungen auf die Distanzen je zweier solcher Linien erweitert, von denen die erste und dritte Sonnenlinien waren, während die zweite und vierte ihren Ursprung in der Erdatmosphäre hatten. Bei der Wahl dieser Linien wurde sehr sorgfältig verfahren, da darauf Rücksicht zu nehmen war, dass die atmosphärischen Linien ihr Aussehen bei verschiedenen Sonnenhöhen möglichst wenig wechseln. Dieser Anforderung entsprechen die Linien des Sauerstoffes am besten, und Dunér hat daher die Sauerstofflinien 630.221 und 630.297 $\mu\mu$ benutzt, als Linien der Sonnenatmosphäre die beiden Eisenlinien 630.172 und 630.272 $\mu\mu$.

Im ganzen wurden in den Jahren 1887—89 635 Beobachtungen angestellt, ausserdem noch eine Anzahl Beobachtungen der Polpunkte, für welche also die Geschwindigkeit Null sich ergeben musste. In der That findet sich für diese der Mittelwert —0.02 *km*, welcher praktisch = 0 zu setzen ist. Die Zusammenstellung der erhaltenen Resultate für die einzelnen heliographischen Breiten giebt folgende Geschwindigkeit in Kilometern:

Heliozentr. Breite	Geschwindigkeit	Zahl d. Beobachtgn.	Jahr
0.3°	1.90	49	1888
0.4°	2.05	24	1889
0.6°	1.99	34	1887
14.9°	1.85	37	1887
15.0°	1.92	24	1889
15.2°	1.77	43	1888
29 9°	1.55	51	1888
30.0°	1.56	29	1887
30.1°	1.64	24	1889
44.9°	1.16	49	1888
44.9°	1.19	24	1889
45.3°	1.21	33	1887
59.9°	0.70	46	1888
60.0°	0.77	38	1887
60.0°	0.74	23	1889
74.7°	0.32	37	1887
74 8°	0.39	47	1888
75.0°	0.32	23	1889

Der wahrscheinliche Fehler für die Mittelwerte der Geschwindigkeit findet sich zu nur 13 *m*. Berechnet man nun aus diesen Mittelwerten die entsprechenden täglichen Winkelbewegungen in den verschiedenen Breiten der Sonne, so findet sich, dass die Beobachtungen mit einer konstanten Winkelgeschwindigkeit unvereinbar sind, dass sie vielmehr Abweichungen hiervon zeigen, welche der Bewegung der Sonnenflecke entsprechen.

Als Endergebnis der Dunér'schen Untersuchungen ist folgendes anzusehen:

Die Rotation der Sonne in den Schichten, welche durch ihre Absorption die Fraunhofer'schen Linien im Spektrum erzeugen, entspricht vollkommen derjenigen, welche durch die Beobachtung der Flecke ermittelt ist. Während die Beobachtungen der letzteren aber nur Aufschluss über die Rotationsverhältnisse bis zu etwa 40° heliozentrischer Breite gestatten, ist durch die vorliegende Untersuchung das Vorhandensein der eigentümlichen Rotationsverhältnisse bis zu 75° Breite, praktisch also bis zum Pole, konstatiert. Die wahre mathematische Form des Rotationsgesetzes hat durch diese Beobachtungen aber nicht festgestellt werden können, ebenso wie dies bisher auch durch Fleckenbeobachtung nicht geschehen konnte.

Zu einem genau entgegengesetzten Resultate als Dunér ist Crew gelangt[1]), indessen sind des letzteren Beobachtungen bei weitem nicht so zahlreich und auch innerlich nicht so fehlerfrei, als diejenigen von Dunér, wie Dr. Scheiner des Näheren zeigt.[2])

Letzterer verbreitet sich auch über die Schlüsse, welche aus den Beobachtungen Dunér's auf die Physik der Sonne zu ziehen sind. Er sagt: „Die unmittelbare Folgerung des Dunér'schen Resultates würde sein, dass nunmehr definitiv nachgewiesen ist, dass die bemerkenswerte Abweichung, welche die Sonnenflecke von einer gleichmässigen Rotation zeigen, nicht diesen eigentümlich ist, sondern dass dieselben nur in einer Schicht schwimmen, welche nach den Polen zu eine verlangsamte Rotation besitzt.

Da nun nicht anzunehmen ist, dass diese besondere Rotation sich weit in das Innere der Sonne hinein erstreckt[3]), so folgt, dass die Sonnenflecke, auch wenn sie ihren Ursprung irgend einer Ursache im Inneren verdanken sollten, späterhin doch wenigstens von dieser Ursache losgelöst sind, und dass ihr Zustand nicht durch fortgesetzte Erneuerung aus tief gelegenen Gegenden erhalten wird.

Nach den Untersuchungen von Wilsing[4]) befolgen die Fackeln nicht das durch die Flecke angezeigte Rotationsgesetz, vielmehr findet für sie eine vollständig gleichförmige Rotation statt. Scheinbar ist nun durch das Dunér'sche Resultat, durch den Nachweis einer abnormen Rotation für eine ganze Schicht auf der Sonnenoberfläche, eine gleichförmige Rotation der Fackeln noch unwahrscheinlicher geworden, besonders da ja zweifelsohne die Fackeln höheren Schichten angehören als die Flecke,

[1]) Klein, Jahrbuch **1.** p. 2.

[2]) Vierteljahrsschr. d. Astr. Gesellschaft **27.** p. 48.

[3]) J. Wilsing, Bemerkungen zu zwei Aufsätzen über die Rotation der Sonne von Herrn Faye und Herrn Belopolsky. Astr. Nachr. **125.**

[4]) J. Wilsing, Ableitung der Rotationsbewegung der Sonne aus Positionsbestimmungen von Fackeln. Publ. d. Astrophys. Observ. zu Potsdam **4.** 2 Teil.

aber auch nur scheinbar, und Wilsing selbst hat bereits angegeben, wie der Widerspruch zu lösen ist. Es ist hierzu nur die Annahme nötig, dass der Ursprung der Fackeln in beträchtlicher Tiefe zu suchen ist, in welcher eine gleichförmige Rotation stattfindet. In den oberen Schichten, in welchen die Fackel zur Erscheinung gelangt, wird sie die dort statthabende Rotation befolgen, es findet aber immer Ersatz von unten her statt, und so wird der eigentliche Fackelherd immer da sein, wo die ursprüngliche Ursache wirkt, er wird also gleichförmig rotieren. Hiermit ist allerdings das früher als giltig angenommene Verhältnis von Fackeln zu Flecken umgekehrt worden. Die Fackeln sind die primäre Erscheinung infolge einer im Inneren wirkenden Ursache, und die Flecke eine sekundäre; einmal entstanden, sind sie von ihrem Ursprungsorte unabhängig und den Bewegungen der oberen Schichten gänzlich überlassen. Auf dieses Verhältnis scheint überhaupt vieles hinzudeuten; die Flecke, obwohl das augenfälligste Phänomen der Sonnenoberfläche, sind nicht das wesentlichste.

In dieser Richtung würde das Dunér'sche Ergebnis nicht im Widerspruche mit dem Wilsing'schen, sondern in Verbindung mit demselben für die Physik der Sonne seine Bedeutung haben und würde in noch weiterer Folgerung zur Bestätigung der vom Referenten (Scheiner) schon einmal ausgesprochenen Ansicht beitragen, dass wir uns der Erkenntnis nicht verschliessen können, dass die Vorgänge innerhalb der Sonnenatmosphäre, so gewaltig sie aus der weiten Entfernung erscheinen, sich nur in Massen abspielen, die im Vergleiche zur Masse der ganzen Sonne absolut verschwindend sind. Im Inneren des Sonnenkörpers wird die Materie ein Spielball sein zwischen unvorstellbar hohen Druck- und Temperaturverhältnissen, auf der Oberfläche werden wir die letzten Äusserungen des Kampfes in unvorstellbar geringen Dichtigkeitsgraden erkennen.“

Untersuchungen über die Atmosphäre der Sonne. Schon seit einiger Zeit hat H. Deslandres spektrophotographische Untersuchungen der Sonnenumhüllung angestellt und dieselben nunmehr auf die ultravioletten Strahlen bis zur Wellenlänge $\lambda = 350$ ausgedehnt. Hierbei wird das Sonnenbild von einem Foucault'schen Siderostaten mit 8-zolligem Silberspiegel entworfen und das Spektrum von einem Rowland'schen Gitterspektroskope mit Quarzlinse erzeugt. Die Photographien zeigen die Spektra des Sonnenrandes von λ 430 bis λ 350 mit sämtlichen chromosphärischen Linien. In mehreren Protuberanzen wurde die Reihe der ultravioletten Wasserstofflinien gefunden, welche Huggins zuerst in den weissen Sternen entdeckt hat, und zwar konnte von diesen im Sonnenspektrum bisher unbekannten Wasserstofflinien Deslandres acht hell erkennen, welche sämtlich fein und scharf waren; die noch fehlenden zwei letzten Linien wird man sicherlich auf einer hohen Gebirgsstation leicht erhalten können. Hiermit ist nachgewiesen, dass die Sonne, welche zur Gruppe der gelben Sterne gehört, von manchen Teilen ihrer Atmosphäre Strahlen aussendet, welche für die weissen Sterne charakteristisch sind.

Neben der ersten ultravioletten Wasserstofflinie α (2388) wurde noch eine Linie gesehen, die etwas brechbarer als diese war, aber nicht oft sich zeigte. Dauernd sichtbar waren in dieser Gegend nur die Wasserstofflinien.

Mit dem neuen, stärker zerstreuenden Apparate wurden auch die Spektren der Flecke und der Fackeln photographiert. Die Calciumlinien H und K erschienen oft hell, und sie waren immer stärker und länger als die Wasserstofflinien. Ferner war die grosse Breite der dunklen Banden, welche ihnen als Hintergrund dienen, besonders günstig zum Studium der Verschiebungen und der Geschwindigkeiten in der Richtung des Sonnenradius.

Sonnenfleckenstatistik. Prof. Wolf in Zürich findet aus seinen Beobachtungen als Relativzahl der Sonnenflecke für 1890: 6.8, für 1891: 35.6, so dass, während der Minimumepoche 1889.6 im Jahre 1890 nur noch eine schwache Thätigkeit auf der Sonne folgte, sich 1891 bereits ein rascher Aufschwung ergab[1]).

Über die Sonnenthätigkeit im ersten Halbjahre 1892 zieht Marchand aus seinen Beobachtungen in Lyon folgende Schlüsse[2]): 1. Die Sonnenthätigkeit bezüglich der Fleckenerscheinungen ist noch in der Zunahme begriffen. Das zweite Semester 1891 hatte 101 Gruppen mit einer Fläche von 7997 Milliontel (der ganzen Sonnenscheibe) ergeben, und das erste Semester 1892 zeigte 129 Gruppen mit einer Fläche von 12196; aus den einzelnen Monaten ersieht man, dass diese Zunahme keine fortschreitende und regelmässige gewesen. 2. Die Südhalbkugel, welche in den beiden Halbjahren 1891 viel weniger Fleckengruppen enthielt, als die nördliche, zeigte während der sechs Monate von 1892 fast ebenso viele wie diese. 3. Die Breiten der Gruppen werden kontinuierlich kleiner; die Maxima der Häufigkeit bleiben noch in den Zonen 10° bis 20° und haben hier fast denselben relativen Wert wie während des zweiten Semesters 1891, aber die Häufigkeit hat merklich zugenommen in der Äquatorialzone, welche im gegenwärtigen Halbjahre 12 Gruppen umschliesst, 9 mehr als im vorhergehenden. Und ganz dieselben, eine Zunahme der Sonnenthätigkeit dokumentierenden Änderungen in betreff der Fackeln sind in dem abgelaufenen Halbjahre konstatiert worden.

Die grosse Sonnenfleckengruppe vom Februar 1892 ist von K. D. Naegamvala in Poona (Indien) spektroskopisch untersucht worden[3]). Am 12. fand er, ausser der gewöhnlichen Verbreiterung der Linien und einer Vermehrung derselben, die Linien C und F (des Wasserstoffes) umgekehrt, d. h. hell, in den Mitten der beiden Hauptkerne der Gruppe. Die Absorption war so intensiv, dass die Linien oft in den Kernen nicht mehr zu erkennen waren, und ihre Verbreiterung an benachbarten Stellen des Fleckes nachgewiesen werden musste. Am nächsten Tage hatten die umgekehrten (hellen) Linien bedeutend an Intensität zugenommen. Die helle C-Linie dehnte sich während der Beobachtung von einem Kerne zum

---

[1]) Vierteljahrsschrift der Astr. Ges. **27.** 1892. p. 164.

[2]) Comptes rendus 1892. **115.** p. 219. Naturwissenschaftliche Rundschau 1892. Nr. 40. p 516.

[3]) Monthly Notices of the Royal Astron. Society 1892. **52.** p. 424. Naturwissenschaftliche Rundschau 1892. Nr. 29. p. 375.

anderen aus und war nach der brechbareren Seite verschoben (entsprechend einer Bewegung zum Beobachter); ähnliches zeigte die Linie F. Ausser den beiden Wasserstofflinien waren nun auch die Linien D_1, D_2, D_3, b_1, b_2, b_3, b_4 und G umgekehrt. Die b-Linien (Magnesium) waren nicht an derselben Stelle in beiden Kernen hell, und man musste, um sie umgekehrt zu sehen, immer die Mitten der beiden Kerne einstellen. Die Ausbrüche dieser Substanz waren also nicht so ausgedehnt wie die des Wasserstoffs und Natriums. Die Heliumlinie D_3 war auf beiden Kernen sehr hell, erstreckte sich aber nicht von Kern zu Kern, wie die Wasserstofflinien. Neben den Kernen sah man die dunkle D_3-Linie sich sehr weit erstrecken und von ungleicher Intensität und Dicke; auch in dem Raume zwischen beiden Flecken sah man die dunkle D_3-Linie, aber schwächer wie auf den Kernen. Als drei Stunden nach dieser Beobachtung die Untersuchung wieder aufgenommen wurde, war die Störung verschwunden. D_3 fehlte ganz, und nur auf dem einen Kerne war C noch hell, F nicht mehr; der zweite Fleck gab ein normales Spektrum.

Sonnenflecke und Fackeln[1]). Als im November 1880 auf der Sternwarte zu Stonyhurst mit der regelmässigen Zeichnung der Sonnenflecke begonnen wurde, fasste man auch den Plan, gleichzeitig die Fackeln abzubilden, aber zuverlässige Resultate hat man erst erzielt, als man durch die Erfahrung gelernt hatte, die feineren Schattierungen der Fackeln und ihre Grenzen gegen die Sonnenphotosphäre durch Hin- und Herbewegen des Sonnenbildes über das Zeichenpapier deutlich zu erkennen. Ganz besondere Aufmerksamkeit wurde sodann der Frage zugewendet, welche von den beiden Erscheinungen, Fleck oder Fackel, die frühere sei.

Während der ganzen Zeit, in welcher die Beobachtungen unter Perry's Leitung standen, fand sich kein deutliches Beispiel dafür, dass auf den Zeichnungen Fackeln entdeckt werden konnten vor der Entstehung eines Fleckes. Die Fackeln waren stets sehr zahlreich nach der Entstehung eines Fleckes und überdauerten denselben stets, indem sie Wochen und Monate lang zögerten, bevor sie erloschen. Auf der anderen Seite aber lieferten die Zeichnungen auch keinen positiven Beweis dafür, dass ein Fleck vor dem Erscheinen von Fackeln entstehe; da jeder bedeutende Fleck von Anfang an von wenigstens einer kleinen Fackelumgebung begleitet ist. Wenn es daher auch richtig ist, dass Fackeln in keiner grösseren Ausdehnung der Entstehung eines Fleckes vorangehen, sondern sich entwickeln und zur Reife heranwachsen, entweder gleichzeitig mit dem Flecke oder nach seinem Verschwinden, so müssen wir uns doch hüten, daraus einen Schluss auf die absolute Priorität der Flecke zu ziehen.

---

[1]) Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 1891. **52.** p. 104. Naturwissenschaftliche Rundschau 1892. Nr. 8. p. 99.

Die Aussichten, einen positiven Beweis betreffs der Priorität der einen oder anderen Erscheinung zu erhalten, sind im allgemeinen nicht sehr günstig; einmal, weil die Hälfte der Sonnenoberfläche, auf welcher Flecke entstehen können, keine Möglichkeit bietet, die Flecke zu sehen (da sie uns abgekehrt ist); dann, weil zur Zeit grosser Sonnenthätigkeit die Aussicht infolge des Ineinanderfliessens von alten und neuen Fackeln sehr beschränkt ist. Günstiger dürften daher Minimumperioden der Flecke sein, und in der That haben die Zeichnungen, die während des Minimums im Jahre 1889 gemacht sind, zwei Fälle ergeben, in denen der Beweis der Priorität ganz sicher ist, und beide zeigen Fackeln vor jeder Spur von Flecken.

Am 29. Juni wurde eine kleine Fackel nahe dem Ostrande in — 40.5° Breite und 252° Länge gezeichnet. Keine Spur eines Fleckes war in der Nähe, und an dieser Stelle waren überhaupt weder Flecke, noch Fackeln seit Jahren zu sehen gewesen. Am folgenden Tage erschien ein kleiner runder Fleck in — 40.3° Breite und 252.2° Länge, d. h. in der Mitte der Fackel; die Fackel war an diesem Tage nur ganz nahe rund um den Fleck sichtbar. — Ferner erschien am 31. Juli eine andere kleine Fackel in — 22° Breite und 155° Länge ohne irgend einen Fleck in der Nähe. Sie wurde auch am folgenden Tage gesehen und gleichfalls ohne Fleck. Aber am dritten Tage, am 2. August, wurde ein Fleck gezeichnet in — 21.9° Breite und 155.4° Länge.

In beiden Fällen waren die Fackeln von geringer Ausdehnung, aber hell, und es kann auch kein Zweifel darüber existieren, dass beide, Fackeln und Flecke, neu waren. Die Fackeln waren keine Überreste, und die Flecke waren kein Wiederaufleben alter Störungen. Man kann nun zwar nicht schliessen, dass die Fackeln wirklich den Flecken vorangegangen sind, da die Flecke eine Zeitlang durch die Fackeln verdeckt gewesen sein könnten. Aber dies ist nicht wahrscheinlich, da man die Fackeln in ein Zehntel Sonnendurchmesser Abstand vom Rande gesehen hat. Soweit also das Zeugnis der Zeichnungen in betreff der Priorität reicht, sprechen sie dafür, dass Fackeln der Entstehung eines Fleckes vorangehen. Bei sorgfältiger Untersuchung wird man wohl noch mehr Beispiele finden.

Eine bemerkenswerte Protuberanz[1]). Am 3. März beobachtete Herr Deslandres eine Protuberanz, die merkwürdig war wegen ihrer Helligkeit und ihrer Geschwindigkeit in radialer Richtung; sie gehörte der Gegend des Sonnenkörpers an, welche im Februar von dem grossen Flecke eingenommen war, und die infolge der Sonnenrotation an diesem Tage am Ostrande wieder erschien. Um $10^h\ 12^m$ morgens beim Absuchen der Chromosphäre fiel Deslandres die ganz ungewöhnliche Helligkeit der Wasserstoff- und Heliumlinien, 96°

[1]) Comptes rendus 1892. **114.** p. 578.

vom Nordpunkte der Sonne entfernt, auf. Bei Anwendung eines schmalen Spaltes zeigten die Linien die Gestalt eines weit geöffneten Fächers; die Verschiebung war am stärksten nach der roten Seite und entsprach einer Geschwindigkeit von 200 *km* pro Sekunde in der Richtung des Radius.

Sofort wurde das photographische Spektroskop auf diese Protuberanz gerichtet und so von den Strahlen, welche sie im sichtbaren, ultravioletten Teile ausstrahlte, ein genaues Bild erhalten, das man später mit Musse studieren konnte.

In der Gegend von der Wellenlänge $\lambda = 400$ bis zur Wellenlänge $\lambda = 360$ ist die Strahlung der Protuberanz merkwürdig. Die Linien H und K, welche dem Calcium zugeschrieben werden, waren ausserordentlich glänzend; ebenso war die ganze Reihe der ultravioletten Wasserstofflinien, welche hier zum ersten Male sämtlich auf der Sonne gesehen wurden, deutlich; dass diese für die weissen Sterne charakteristische Reihe von Linien in der Atmosphäre eines gelben Sternes (Sonne) gefunden wird, ist besonders beachtenswert. Ferner sind zu erwähnen mehrere bisher noch nicht in der Chromosphäre beobachtete Linien, nämlich die dreifache Magnesiumlinie λ 383 und die Linien λ 375.95, λ 376.14 und λ 368.53, welche noch mit keinem bekannten Elemente in Beziehung gebracht worden sind. Auch die Verbreiterung, welche die leuchtenden Strahlen gegeben hatten, fand sich im ultravioletten Spektrum wieder; an einzelnen Stellen bemerkte man sogar ein kontinuierliches Spektrum, entsprechend dem hellsten Teile der Protuberanz.

Um $10^h 30^m$ hatte die Helligkeit der Protuberanz sehr abgenommen, die Linien zeigten nicht mehr die fächerförmige Verbreiterung, aber sie zeigten eine Neigung nach den Linien der zentralen Sonnenscheibe. Die verschiedenen Punkte hatten also eine verschiedene radiale Geschwindigkeit, was auf eine wirbelförmige Bewegung hindeuten würde. Doch bedarf dieser Punkt noch weiterer Untersuchung.

Aus diesen Beobachtungen ist zu schliessen, dass die Gegend des grossen Fleckes nach einer vollen Rotation noch in lebhafter Thätigkeit war; sie stehen zweifellos in Beziehung zu den Beobachtungen von Fenyi am 19. Februar, als der Fleck am Westrande sich befand.

Die Beobachtungen wurden am 3. durch schlechtes Wetter unterbrochen. Am 4. und 5. konnte man wieder die Anwesenheit bewegter glühender Massen an demselben Punkte des Randes nachweisen, nachdem die Reste des grossen Fleckes den Ostrand überschritten hatten. Bei der spektrophotographischen Prüfung der Umgebung des Fleckes und der ganzen Sonnenscheibe konnte man eine kontinuierliche Reihe von Protuberanzen erkennen, welche den Fleck umgaben und ihm vorangingen, so dass sie einen vollständigen Ring in der Sonnenatmosphäre bildeten. — Die erdmagnetischen In-

strumente haben am 3. März beim Wiedererscheinen des grossen Fleckes keine Abweichung angezeigt[1]).

Photographien der Sonne und ihrer Phänomene. Prof. E. Hale hat seit mehreren Jahren Versuche angestellt, um die Chromosphäre, die Protuberanzen und Fackeln der Sonne zu photographieren. Indessen ist es erst seit 1891 gelungen, mit Hilfe des Photoheliographen befriedigende Resultate zu erhalten. Dieselben beruhen auf der Entdeckung, dass die Linien H und K des Calciums heller sind als die C-Linie des Wasserstoffes, und dass man daher die Gestalten der Protuberanzen in diesen zwei Linien besser photographieren kann als bisher. Wie die Protuberanzen lassen sich auch die ganze Chromosphäre und die Fackeln an der Sonnenoberfläche in dem Lichte dieser Calciumlinien photographieren.

Die wesentlichen Teile des Spektroheliographen sind zwei bewegliche Spalte, von denen der eine in der Brennebene des Kollimators eines grossen Gitterspektroskops liegt und der andere ein wenig vor der Fokalebene (für die K-Linie) des zu diesem Spektroskope gehörenden Fernrohres. Die empfindliche Platte liegt nach aussen von dem zweiten dieser zwei Spalte in der Fokalebene für die K-Linie.

Will man die Chromosphäre photographieren, so dreht man das Gitter, bis die K-Linie des vierten Spektrums durch den Spalt geht und auf die empfindliche Platte fällt. Die Spalte werden durch einen besonderen Apparat derartig in Bewegung versetzt, dass die K-Linie stets genau in der Mitte des zweiten Spaltes bleibt. Das direkte Sonnenlicht wird durch ein mit der Kollimatorachse konzentrisches Diaphragma abgehalten, welches die Scheibe bis zur Basis der Chromosphäre verdeckt. Das Sonnenbild wird durch die Bewegung der Uhr des Äquatorials in derselben Lage erhalten, während die Spalte sich über die Scheibe hinweg bewegen. Wenn man dann in gewöhnlicher Weise entwickelt, findet man auf der Platte ein getreues Abbild der Chromosphäre, wie es eine der Akademie zugeschickte Photographie zeigt.

Um die Fackeln, die Flecken und selbst die Protuberanzen (wenn sie ziemlich grosse Helligkeit besitzen) auf der Sonnenscheibe zu photographieren, verfährt Hale genau wie vorhin, nur beschleunigt er die Bewegungen der Spalte und bedient sich des Schirmes nicht. Natürlich sieht man auf diesen Platten keine Chromosphäre, da die Expositionszeit zu kurz ist.

In allerletzter Zeit wurden Photographien hergestellt, auf denen die Fackeln und die Flecke gleichzeitig mit der Chromosphäre und den Protuberanzen sichtbar sind. Das Verfahren ist ein sehr einfaches: erst bewegt sich der Spalt über die Sonnenscheibe und photographiert in oben angegebener Weise die Chromosphäre, dann entfernt man den Schirm und lässt den Spalt in umgekehrter Rich-

[1]) Naturwissenschaftliche Rundschau 1892. No. 19. p. 242.

tung, und zwar schneller über die Scheibe hinweg sich bewegen, wobei die Fackeln und Flecke photographiert werden.

Die Abbildungen auf Tafel I werden dazu dienen können, die Art und Weise der erhaltenen Resultate zu beurteilen. Die Photographie der Sonnenfackeln zeigt in einer bis jetzt nicht bekannten Art und Weise die hohe Wichtigkeit solcher Darstellungen und die Bedeutung der Fackeln für die physische Beschaffenheit der Sonne selbst. Es ist nicht unmöglich, dass die Fackeln eine wichtigere Rolle im Sonnenorganismus spielen als die Flecke. Fig. 1 zeigt das Aussehen der Sonnenscheibe mit Fackeln und Flecken am 6. Mai 1892. Fig. 2 die H- und K-Linie im Spektrum einer Protuberanz am nämlichen Tage.

Die Linien im Spektrum der Chromosphäre sind von Prof. Young mit dem neuen Spektroskope des Halsted-Observatoriums (welches ein 5-zolliges Rowland'sches Gitter mit 20000 Linien auf den Zoll besitzt) beobachtet worden. Wiederholt hat er gefunden, dass die helle chromosphärische Linie Angström 6676.9 (Nr. 2 in Young's Katalog der chromosphärischen Linien) nicht mit der korrespondierenden dunklen Linie des Sonnenspektrums zusammenfällt, sondern weniger brechbar ist als diese, und zwar um etwa ein Drittel einer Rowland'schen Einheit. Diese Chromosphärenlinie kann also nicht dem Eisen zugeschrieben werden, sondern gehört einer noch nicht bestimmten Substanz an. Prof. Young hat eine beträchtliche Zahl von Photographien des ultravioletten Spektrums der Chromosphäre erhalten und findet nicht nur eine konstante Umkehr der Linien H und K, sondern er erhielt noch weitere 5 Reihen ultravioletter Linien des Wasserstoffes. Die erste davon ist die wohlbekannte Begleitlinie von H (die Prof. Young 1880 zum ersten Male zu Gesicht bekam), und die anderen vier liegen in regelmässiger Folge oberhalb derselben. Da die Begleitlinie von H dem Wasserstoffe angehört, so können die stets umgekehrten Linien H und K nicht diesem Elemente angehören [1]).

Die Hauptresultate der Untersuchungen von Prof. Wolf in Zürich im Gebiete der Sonnenphysik sind von A. Wolfer eingehend zusammengestellt und diskutiert worden [2]). Schwabe ist bekanntlich der Entdecker des periodischen Verlaufes der Fleckenhäufigkeit (1843), Wolf aber hat diese Entdeckung verfolgt und nach allen Richtungen hin weiter geführt. „Das Beobachtungsmaterial über die Häufigkeit der Sonnenflecke, auf welches im Jahre 1852 Sabine, Wolf und Gantier bei ihrer berühmten Entdeckung sich stützen konnten, bestand allein aus der Schwabe'schen Reihe, die mit 1826 begann und damals also etwas über zwei Perioden umfasste. Noch im Laufe des Jahres 1852 gelang es dann Wolf, aus den gesammelten älteren Beobachtungen, soweit

---

1) Astronomy and Astrophysics 1892. p. 59.
2) Meteorologische Zeitschrift 1892. p. 201 u. ff.

sie ihm damals zugänglich waren, eine Anzahl Maximal- und Minimalepochen der Erscheinung aus dem 17. und 18. Jahrhundert abzuleiten und durch Vergleichung mit den von Schwabe und Wolf selbst ermittelten die Periodenlänge, die Schwabe zu zehn Jahren angenommen hatte, genauer auf im Mittel 11.111 Jahre $\pm$ 0.038 festzustellen.

Er konnte ausserdem nachweisen, dass sämtliche, ihm bekannt gewordenen Beobachtungen sich ganz gut den 22 Perioden anschliessen, welche gemäss der vorigen Periodenlänge seit der Entdeckung der Sonnenflecke bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts abgelaufen sein mussten. Es ist aber Prof. Wolf in langjähriger Sammelarbeit gelungen, das Material der Sonnenfleckenbeobachtungen durch Auffindung immer neuer, zum Teile sehr ausgedehnter Beobachtungsreihen zu vervollständigen. Dieses Material war der Natur der Sache nach ein nichts weniger als homogenes und bestand im günstigsten Falle aus einfachen Aufzählungen der sichtbaren Flecke; seine Bearbeitung musste also nach einfachsten Grundsätzen geschehen, und hier erwies sich gerade die einfache Art und Weise, in welcher Wolf aus seinen eigenen, 1847 begonnenen und seither in unveränderter Weise fortgeführten Beobachtungen ein Mass für die Intensität des Sonnenfleckenphänomens ableitete, als die zweckmässigste und am besten geeignete, die alten Beobachtungen mit den neueren zu einem Ganzen zu verbinden.

Schwabe hatte für jeden Monat und jedes Jahr die Zahl der in einem solchen Zeitabschnitte neu aufgetretenen Fleckengruppen, ausserdem die Zahl der fleckenfreien und der sämtlichen Beobachtungstage angegeben; sein Verfahren berücksichtigte also weder die Unterschiede in der Ausdehnung der verschiedenen Gruppen, noch die Veränderungen innerhalb derselben Gruppe. Wolf dagegen wählt zunächst als Zeiteinheit den Tag und notiert Tag für Tag sowohl die Anzahl der sichtbaren Fleckengruppen, als auch der in jeder Gruppe enthaltenen einzelnen Flecke, indem er annimmt, dass die Grösse des Fleckenstandes sich zunächst in der Anzahl der vorhandenen Gruppen, deren jede einen abgegrenzten Herd der fleckenbildenden Thätigkeit darstellt, ausdrücke, dann aber auch in der Zahl der Flecke, welche in jeder Gruppe sich entwickeln. Eine Verbindung dieser beiden, mit bestimmten Gewichten multiplizierten Zahlen giebt ein Mass für die Fleckenthätigkeit des betreffenden Tages. Da nun die Bildung eines neuen Fleckengebietes eine weit stärkere Zunahme dieser Thätigkeit bedeutet, als die Entstehung eines neuen Fleckes in einer schon vorhandenen Gruppe, so wird die Gewichtszahl der Gruppe beträchtlich grösser als diejenige des einzelnen Fleckes anzusetzen sein, und Wolf nimmt dieselben beziehungsweise gleich 10×1 an. Diese Annahme ist nicht ohne Willkür; die Zahl 10 war aber die bequemste und schien ungefähr das Verhältnis einer Fleckengruppe mittlerer Grösse zum einzelnen Flecke richtig auszudrücken. Wolf führt also die Summe:

$$r = 10 \cdot g + f$$

als Mass der Fleckenhäufigkeit eines Tages ein, an welchem g Gruppen mit zusammen f Flecken sichtbar waren, und nennt r die Relativzahl dieses Tages, mit dem Worte „Relativ“ andeutend, dass der obige Ausdruck so wenig als jeder andere ein absolutes Mass der Sonnenfleckenthätigkeit enthalten kann. Das Mittel der täglichen Relativzahlen eines Monats giebt die mittlere monatliche, das Mittel aus den Monatszahlen eines Jahres die mittlere jährliche Relativzahl, und nach der Bildungsweise derselben ist leicht einzusehen, dass man selbst aus einer geringen Zahl über den Monat zerstreuter Beobachtungstage und entsprechender Relativzahlen noch einen erträglichen Wert für das Monatsmittel erhält, während bei Schwabe die monatliche Summe aus wenigen Beobachtungen unmöglich auch nur annähernd richtig erlangt werden konnte. Die Relativzahl macht nicht den Anspruch, der genaue Ausdruck der Fleckenthätigkeit zu sein, und vielerseits glaubt man, die Intensität der Erscheinung durch die Grösse der von den Flecken bedeckten Fläche vollständiger zu bezeichnen; allein abgesehen davon, dass es überhaupt schwer sein wird, aus Zahlen, welche nur die räumliche Ausdehnung der Fleckengebiete ausdrücken, ein Mass für die bei der Fleckenbildung auftretenden mechanischen Vorgänge zu erhalten, solange über die Natur dieser letzteren noch nichts bekannt ist, zeigen Vergleichungen, welche Wolf zwischen seinen Zählungen und den in Rom und Madrid ausgeführten Flächenmessungen angestellt hat, dass beide im grossen und ganzen einander proportional sind. Es lässt sich sogar manches dafür anführen, dass die Thätigkeit innerhalb einer Gruppe durch die Zahl der Flecke besser ausgedrückt wird als durch die von ihnen bedeckte Fläche; der Entwickelungsgang der Fleckengruppen weist im allgemeinen darauf hin, dass die stärksten und raschesten Veränderungen zur Zeit der grössten Fleckenzahl stattfinden, während der grösste Umfang der einzelnen Bestandteile einer Gruppe bereits in eine Zeit geringer Veränderungen zu fallen pflegt. Welches Masses man sich übrigens auch bediene, die Hauptresultate werden dadurch nur unwesentlich beeinflusst. Die Wolf'sche Zählungsmethode hat aber den nicht genug zu schätzenden Vorzug, dass sie mit den geringsten Mitteln und in der einfachsten Weise durchgeführt werden kann und deshalb weniger als jede andere, wenn auch vielleicht vollkommenere, der Gefahr der Unterbrechung ausgesetzt ist.

Bei der Bearbeitung der Aufzeichnungen der verschiedenen Sonnenfleckenbeobachter wurde es notwendig, deren Angaben vergleichbar zu machen, d. h. auf dieselbe Einheit zu reduzieren. Hierzu nahm Wolf einen bestimmten Beobachter — sich selbst — und ein bestimmtes Instrument — einen von ihm benutzten vierfüssigen Fraunhofer von 3″ Öffnung und 64-facher Vergrösserung — als Normalien an und reduzierte die Angaben anderer Beobachter an anderen Instrumenten auf jene durch Einführung gewisser Faktoren.

Die so erhaltenen Relativzahlen geben für jeden Tag den wirklichen Stand der Fleckenthätigkeit auf der sichtbaren Halbkugel der Sonne; sie zeigen im allgemeinen von Tag zu Tag beträchtliche Schwankungen, die zum Teile wirkliche Änderungen des Fleckenstandes bezeichnen, zum Teile aber nur durch äussere Ursachen, insbesondere die Rotation der Sonne in Verbindung mit der ungleichen heliographischen Verteilung der Flecke entstehen, also gegenüber dem gesetzmässigen Verlaufe der Erscheinung im ganzen die Bedeutung von Zufälligkeiten haben. Solche Schwankungen treten aber selbst in den monatlichen Mittelzahlen noch auf, und sie beweisen, dass die Fleckenthätigkeit neben dem langperiodischen Verlaufe noch sekundären kurzperiodischen Änderungen unterliegt. Um nun zunächst, unabhängig von diesen, den Verlauf der Erscheinung innerhalb der grossen Periode deutlicher hervortreten zu lassen, wendet Wolf ein Ausgleichungsverfahren an, welches darin besteht, dass er, von jedem einzelnen Monatsmittel ausgehend, immer je zwölf aufeinanderfolgende zu einem neuen Mittel vereinigt, aus je zwei solchen aufeinanderfolgenden neuen Mitteln abermals das Mittel zieht und dieses als „ausgeglichene“ Relativzahl des betreffenden mittleren Monats betrachtet.

Das vorhandene Material gestattete nun allerdings für die Zeit vor 1749 die Aufstellung einer solchen Relativzahlenreihe nicht, und Wolf musste sich hier begnügen, die Maximal- und Minimalepochen genauer festzulegen, als dies 1852 möglich gewesen war; dagegen konnten mit verhältnismässig wenigen Lücken die mittleren monatlichen Relativzahlen für den Zeitraum von 1749 bis 1826, von wo an die Reihe eine ununterbrochene ist, ermittelt und durch ein einfaches, graphisches Interpolationsverfahren auch solche durch nur wenige Beobachtungen, also unsichere Monatsmittel bezeichnete Lücken ausgefüllt werden. Das Resultat dieser umfangreichen Arbeit sind die beiden Tafeln der beobachteten und der ausgeglichenen monatlichen Relativzahlen für den ganzen Zeitraum von 1749 bis zur Gegenwart, welche Wolf in den Nummern 42 und 50 seiner „Astronomischen Mitteilungen“ publiziert hat. Das neue „Handbuch der Astronomie“ von Prof. Wolf enthält eine vollständige Wiedergabe der Tabelle der ausgeglichenen Relativzahlen, auf welche hier verwiesen werden kann. Für manche Untersuchungen aber, insbesondere über den Parallelismus zwischen der Sonnenthätigkeit und gewissen anderen kosmischen und terrestrischen Erscheinungen, sind die beobachteten Relativzahlen vorzuziehen, welche die Erscheinung wenigstens nahezu so geben, wie sie wirklich stattgefunden hat; es ist deshalb die betreffende Tabelle hier vollständig wiederholt und bis zum Jahre 1890 fortgesetzt. In derselben sind diejenigen Zahlen, welche vollständig auf Beobachtungen beruhen, durch magere Schrift bezeichnet, die anderen aber, welche wegen zu geringer Anzahl der Beobachtungen teilweise ein Interpolationsergebnis sind, durch Sternchen von jenen unterschieden; die Kursivzahlen endlich bezeichnen je die Maximal-, bezw. Minimalwerte.

Beobachtete Relativzahlen.

Jahr	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.	Mittel
1749	58.0*	62.6	70.0	55.7*	85.0*	83.5*	94.8	66.3*	75.9	75.5	_158.6_	85.2*	80.9
50	73.8	75.9	89.2	88.3*	90.0*	100.0*	85.4*	103.0*	91.2*	65.7*	63.5*	75.4	_83.4_
1751	70.0	43.5	45.3	56.4	60.7	50.7*	66.3	59.8	23.5*	23.2	28.5*	44.0*	47.7
52	35.0*	50.0*	71.0	59.3*	59.7*	39.6	78.4	29.3	27.1	46.6	37.6*	40.0*	47.8
53	44.0*	32.0*	45.7*	38.0*	36.0*	31.7*	22.0*	39.0*	28.0	25.0*	20.0	6.7	30.7
54	0.0*	3.0*	1.7*	13.7	20.7	26.7	18.8	12.3	8.2	24.1	13.2	4.2	12.2
55	10.2*	11.2	6.8	6.5	_0.0_	0.0	8.6	3.2	17.8	23.7	6.8	20.0	_9.6_
56	12.5	7.1	5.4	9.4	12.5	12.9*	3.6	6.4	11.8	14.3	17.0	9.4	10.2
57	14.1	21.2	26.2	30.0	38.1	12.8	25.0	51.3*	39.7	12.5	64.7	33.5	32.4
58	37.6	52.0	49.0	72.3	46.4	45.0*	44.0*	38.7*	62.5*	37.7*	43.0*	43.0*	47.6
59	48.3*	44.0*	46.8	47.0*	49.0*	50.0*	51.0*	71.3*	77.2*	59.7*	46.3*	57.0*	54.0
60	67.3*	59.5	74.7	58.3*	72.0*	48.3*	66.0*	75.6*	61.3	50.6*	59.7*	61.0°	62.9
1761	70.0*	91.0	80.7*	71.7*	_107.2_*	99.3	94.1	91.1	100.7	88.7	89.7*	46.0*	_85.8_
62	43.8°	72.8*	45.7*	60.2	39.9	77.1	33.8	67.7	68.5	69.3	77.8	77.2	61.1
63	56.5	81.9	34.2	32.9	32.7*	35.8	54.2*	26.5*	68.1*	46.3*	60.9	61.4*	45.1
64	59.7	59.7	40.2	34.4*	44.3*	30.0*	30.0*	30.0*	28.2*	28.0*	26.0*	25.7*	36.3
65	24.0°	26.0°	25.0*	22.0*	20.2	20.0*	27.0*	29.7°	16.0*	14.0*	14.0*	13.0*	20.9
66	12.0*	11.0*	36.6*	6.0*	26.8*	_3.0_	3.3*	4.0*	4.3*	5.0*	5.7*	19.2*	_11.4_
67	27.4	30.0*	43.0*	32.9	29.8	33.3*	21.9	40.8	42.7	44.1	54.7	53.3	37.8
68	53.5	66.1	46.3	42.7	77.7	77.4	52.6	66.8	74.8	77.8	90.6	111.8	69.8
69	73.9	64.2*	64.3	96.7	73.6	94.4	118.6	120.3	148.8	_158.2_	148.1	112.0	_106.1_
70	104.0	142.5	80.0	51.0	70.1	53.3	109.8	126.3	104.4	103.6	132.2	102.3	100.8
1771	36.0	46.2	46.7	64.9	152.7	119.5	67.7	58.5	101.4	90.0	99.7	95.7	81.6
72	100.9	90.8*	31.1	92.2	38.0	57.0	77.3	56.2	50.5	78.6	61.3	64.0	66.5
73	54.6	29.0	51.2	32.9	41.1	28.4	27.7	12.7	29.3	26.3	40.9	43.2	34.8
74	46.8	65.4	55.7	43.8	51.3	28.5	17.5	6.6	7.9	14.0	17.7	12.2	30.6
75	4.4	_0.0_	11.6	11.2	3.9	12.3	1.0	7.9	3.2	5.6	15.1	7.9	_7.0_
76	21.7	11.6	6.3	21.8	11.2	19.0	1.6	24.2*	16.0*	30.0*	35.0*	40.0*	19.8
77	45.0*	36.5	39.0*	95.0*	80.3	80.7*	95.0*	112.0*	116.2*	106.5*	146.0*	157.3*	92.5
78	177.3*	109.3*	134.0*	145.0*	_238.9_*	171.6*	153.0*	140.0*	171.7*	156.3*	150.3*	105.0*	_154.4_
79	114.7	_165.7_	118.0*	145.0*	140.0*	113.7*	143.0*	112.0*	111.0*	124.0*	114.0*	110.0*	125.9
80	70.0	98.0	98.0*	95.0*	107.2*	88.0*	86.0*	86.0*	93.7*	77.0*	60.0*	58.7*	84.8
7181	98.7*	74.7*	53.0°	68.3*	104.7	97.7*	73.5*	66.0*	51.0°	27.3°	67.0°	35.2°	68.1
82	54.0°	37.5*	27.0°	41.0*	54.3*	38.0*	37.0*	44.0*	34.0°	23.2°	31.5*	30.0°	38.5
83	28.0*	38.7*	26.7*	28.3*	23.0*	25.2*	32.2*	20.0*	18.0°	8.0°	15.0*	10.5°	22.8
84	13.0*	8.0*	11.0°	10.0*	_6.0_*	9.0*	6.0*	10.0*	10.0°	8.0°	17.0*	14.0°	_10.2_
85	6.5*	8.0°	9.0°	15.7*	20.7*	26.3*	36.3*	20.0*	32.0°	47.2	40.2*	27.3°	24.1
86	37.2	47.6	47.7	85.4*	92.3	59.0*	83.0*	89.7*	111.5°	112.3°	116.0*	112.7°	82.9
87	134.7	106.0*	87.4°	127.2*	134.8*	99.2	128.0	137.2*	_157.3_*	157.0*	141.5°	174.0	_132.0_
88	138.0*	129.2*	143.3*	108.5*	113.0*	154.2*	141.5*	136.0°	141.0°	142.0*	94.7	129.5°	130.9
89	114.0*	125.3*	120.0*	123.3°	123.5*	120.0*	117.0*	103.0*	112.0°	89.7	134.0*	135.5*	118.1
90	103.0*	127.5°	96.3°	94.0°	97.0°	91.0*	69.3*	87.0*	77.3°	84.3*	82.0°	74.0°	89.9
1791	72.7°	62.0°	74.0°	77.2*	73.7*	64.2*	71.0*	43.0*	66.5*	61.7*	67.0*	66.0*	66.6
92	58.0°	64.0*	63.0°	75.7*	62.0*	61.0*	45.8°	60.0*	59.0*	59.0*	57.0*	56.0*	60.0
93	56.0°	55.0°	55.5°	53.0*	53.3*	51.0*	50.0*	29.3*	24.0*	47.0*	44.0*	45.7*	46.9
94	45.0°	44.0°	38.0°	28.4*	55.7*	41.5*	41.0*	40.0*	11.1*	28.5*	67.4*	51.4	41.0
95	21.4	39.9°	12.6°	18.6*	31.0*	17.1*	12.9*	25.7*	13.5*	19.5*	25.0*	18.0	21.3
96	22.0°	23.8°	15.7°	31.7*	21.0	6.7*	26.9*	1.5*	18.4*	11.0*	8.4*	5.1*	16.0
97	14.4°	4.2°	4.0°	4.0*	7.3*	11.1*	4.8	6.0*	5.7	6.9*	5.8*	3.0*	6.4
98	2.0°	4.0°	12.4°	1.1*	0.0	_0.0_	0.0	3.0	2.4	1.5	12.5*	9.9*	_4.1_
99	1.6°	12.6°	21.7*	8.4*	8.2*	10.6*	2.1	0.0	0.0*	4.6*	2.7*	8.6*	6.8
1800	6.9°	9.3°	13.9°	10.2*	5.0*	23.7*	21.0*	19.5*	11.5*	12.3	10.5	40.1	15.3
1801	27.0*	29.0*	30.0*	31.0*	32.0*	31.2*	35.0*	38.7*	33.5*	32.6*	39.8*	48.2*	34.0
2	47.8*	47.0*	40.8*	50.0*	53.0*	55.0*	57.0*	58.0*	65.2*	56.5*	65.5*	64.0*	55.0
3	66.0*	67.0*	68.0*	69.0*	71.0*	72.0*	73.0*	64.0*	75.0*	76.0*	77.0*	77.0*	71.2
4	77.0*	75.0*	_77.0_*	77.0*	77.0*	76.0*	74.0*	72.0*	71.0*	71.2*	67.0*	63.0*	_73.1_
5	61.0*	59.0*	56.0*	46.3*	39.0*	49.0*	47.0*	46.0*	44.0*	43.0*	41.0*	40.0*	47.6
6	39.0*	29.6*	28.0*	34.0*	26.4*	25.6*	31.0*	29.0*	28.0*	27.0*	25.0*	24.0	28.9
7	12.0*	12.2*	9.6*	18.3*	10.0*	10.2*	12.7*	12.0*	5.7*	8.0*	2.6	0.0°	9.4
8	0.0*	4.5	0.0	12.3*	8.6*	12.0*	6.7*	8.0*	11.7*	4.7*	11.3*	12.8°	7.7
9	7.2*	9.2*	0.9*	2.5*	2.0*	7.7*	0.3*	0.2*	0.4*	0.0*	0.0	0.0*	2.5
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	_0.0_	0.0	0.0	0.0	0.0	_0.0_

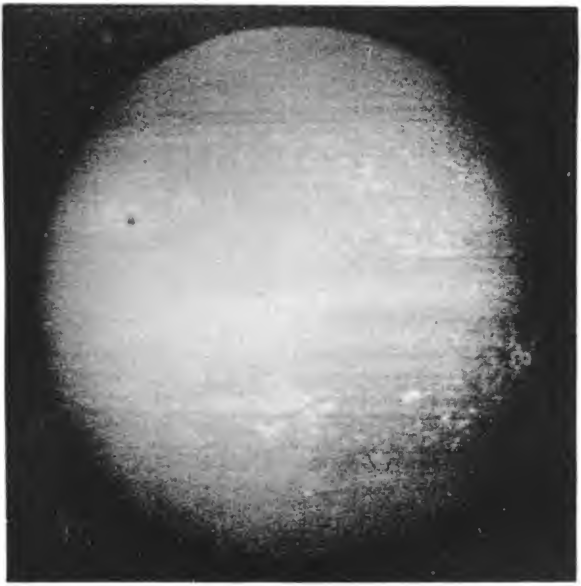
Jahr	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.	Mittel
1811	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6	0.0	2.4	6.1	0.8	1.1*	1.4
12	13.4*	1.5*	0.7*	0.0*	1.0*	1.3*	0.5*	18.7*	5.2*	5.5*	7.9*	10.1*	5.5
13	0.0	10.3*	1.4*	16.6*	5.5*	10.7*	15.7*	8.4*	18.2*	30.5*	16.7*	19.6*	12.8
14	22.2*	12.0*	5.7	23.1	5.8*	14.9*	18.5*	2.8*	11.9*	21.5*	14.5*	20.1*	14.4
15	19.2*	32.2*	26.2*	31.6*	9.8*	55.9*	35.3*	47.2*	31.5*	33.5*	37.2*	65.0*	35.4
16	26.3*	68.8*	*73.7**	58.8	44.3	43.6	38.8	28.1*	49.3	56.4	38.2	30.6*	*46.4*
17	36.5*	55.2*	107.0	25.9*	19.2*	39.9	47.4	45.4	35.8	25.2	36.5*	23.9*	41.5
18	35.1*	18.9*	22.1	35.7	53.1	36.1	28.1	30.9	27.4	33.2	13.3*	25.8*	30.0
19	34.4	20.7	3.7	20.2	18.4	35.7	33.9	25.8	14.9	27.6	25.1	30.6	24.2
20	13.0	26.6	3.6	18.5	29.3	10.8	22.8	26.3	5.2	8.7	7.9	8.2	15.0
1821	21.5	2.4	5.7	6.0	1.2	1.8	2.5	4.8	4.4	18.3	4.4	0.0	6.1
22	0.0	0.9	16.1	13.3	1.5	5.6	7.9	2.1	0.0	0.4	0.0	0.0	4.0
23	0.0	0.0	0.6	*0.0*	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	20.4	*1.8*
24	21.6	10.8*	0.0	20.0	2.8	0.0	0.0	1.4	20.5	25.2	0.0	0.8	8.0
25	5.0	16.1	14.9	0.4	15.0	15.4	30.9	25.4	16.3	14.4	11.5	22.5	15.6
26	17.7	18.2	38.2	23.7	32.4	37.1	52.5	39.6	18.9	51.0	38.3	64.5	36.0
27	34.3	46.0	56.0	46.0	55.5	56.7	42.9	53.7	49.6	57.2	48.2	46.1	49.4
28	52.8	64.4	65.0	61.1	89.1	98.0	54.3	76.4	50.4	34.7	57.0	46.9	62.5
29	43.0	49.4	72.3	97.6	67.5	75.5	90.8	77.4	50.3	60.6	66.7	56.5	67.3
30	49.9	70.9	84.6	*107.1*	66.3	65.1	43.9	50.7	62.1	84.4	81.2	82.1	*70.7*
1831	47.5	50.1	93.4	54.6	38.1	33.4	45.2	54.9	37.9	46.2	43.5	28.9	47.8
32	30.9	55.5	55.1	26.9	41.3	26.7	13.9	8.9	8.2	21.1	14.3	27.5	27.5
33	11.3	14.9	11.8	2.8	12.9	*1.0*	7.0	5.7	11.6	7.5	5.9	9.9	8.5
34	4.9	18.1	3.9	1.4	8.8	7.8	8.7	4.0	11.5	24.8	30.5	34.5	13.2
35	7.5	24.5	19.7	61.5	43.6	33.2	59.8	59.0	100.8	95.2	100.0	77.5	56.9
36	88.6	107.6	98.1	142.9	111.4	124.7	116.7	107.8	95.1	137.4	120.9	*206.2*	121.8
37	188.0	175.6	134.6	138.2	111.3	158.0	162.8	134.0	96.3	123.7	107.0	129.8	*138.2*
38	144.9	84.8	140.8	126.6	137.6	94.5	108.2	78.8	73.6	90.8	77.4	79.8	103.1
39	107.6	102.5	77.7	61.8	53.8	54.6	84.7	131.2	132.7	90.8	68.8	63.6	85.8
40	81.2	87.7	55.5	65.9	69.2	48.5	60.7	57.8	74.0	49.8	54.8	53.7	63.2
1841	24.0	29.9	29.7	42.6	67.4	55.7	30.8	39.3	35.1	28.5	19.8	38.8	36.8
42	20.4	22.1	21.7	26.9	24.9	20.5	12.6	26.5	18.5	38.1	40.5	17.6	24.2
43	13.3	*3.5*	8.3	8.3	21.1	10.5	9.5	11.8	4.2	5.3	19.1	12.7	*10.7*
44	9.4	14.7	13.6	20.8	12.0	3.7	21.2	23.9	6.9	21.5	10.7	21.6	15.0
45	25.7	43.6	43.3	56.9	47.8	31.1	30.6	32.3	29.6	40.7	39.4	59.7	40.1
46	38.7	51.0	63.9	69.2	59.0	65.1	46.5	54.8	107.1	55.9	60.4	65.5	61.5
47	62.6	44.9	85.7	44.7	75.4	85.3	52.2	140.6	161.2	*180.4*	138.9	109.6	98.4
48	159.1	111.8	108.9	107.1	102.2	123.8	139.2	132.5	100.8	132.4	114.6	159.9	*124.3*
49	156.7	131.1	96.5	102.5	80.6	81.2	78.0	61.3	93.7	71.5	99.7	97.0	95.9
50	78.0	89.4	82.6	44.1	61.6	70.0	39.1	61.6	86.2	71.0	54.8	60.0	66.5
1851	75.5	105.4	64.6	56.5	62.6	63.2	36.1	57.4	67.9	62.5	50.9	71.4	64.5
52	68.4	67.5	61.2	65.4	54.9	46.9	42.0	39.7	57.5	67.3	54.3	45.4	54.2
53	41.1	42.9	37.7	47.6	34.7	40.0	45.9	50.4	33.5	42.3	28.8	23.4	39.0
54	15.4	20.0	20.7	26.4	24.0	21.1	18.7	15.5	22.4	12.7	28.2	21.4	20.6
55	12.3	11.4	17.4	4.4	9.1	5.3	0.4	3.1	0.0	9.7	4.2	3.1	6.7
56	0.5	4.9	0.4	6.5	*0.0*	5.0	4.6	5.9	4.4	4.5	7.7	7.2	*4.3*
57	13.7	7.4	5.2	11.1	29.2	16.0	22.2	16.9	42.4	40.6	31.4	37.2	22.8
58	39.0	34.9	57.5	38.3	41.4	44.5	56.7	55.3	80.1	91.2	51.3	66.9	54.8
59	83.7	87.6	90.3	85.7	91.0	87.1	95.2	106.8	105.8	114.6	97.2	81.0	93.8
60	81.5	88.0	98.7	71.4	107.1	108.6	*116.7*	100.3	92.2	90.1	97.9	95.6	*95.7*
1861	62.3	77.8	101.0	98.5	56.8	87.8	78.0	82.5	79.9	67.2	53.7	80.5	77.2
62	63.1	64.5	43.6	53.7	64.4	81.0	73.4	62.5	96.6	42.0	50.6	40.9	59.1
63	48.3	56.7	66.4	40.6	53.8	40.8	32.7	48.1	22.0	39.9	37.7	41.2	44.0
64	57.7	47.1	66.3	35.8	40.6	57.8	54.7	54.8	28.5	33.9	57.6	28.6	46.9
65	48.7	39.3	39.5	29.4	34.5	33.6	26.8	37.8	21.6	17.1	24.6	12.8	30.5
66	31.6	38.4	24.6	17.6	12.9	16.5	9.3	12.7	7.3	14.1	9.0	1.5	16.3
67	*0.0*	0.7	9.2	5.1	2.9	1.5	5.0	4.9	9.8	13.5	9.3	25.2	*7.3*
68	15.6	15.8	26.5	36.6	26.7	31.1	28.6	34.4	43.8	61.7	59.1	67.6	37.3
69	60.9	59.3	52.7	41.0	104.0	108.4	59.2	79.6	80.6	59.4	77.4	104.3	73.9
70	77.3	114.9	159.4	160.0	*176.0*	135.6	132.4	153.8	136.0	146.4	147.5	130.0	*139.1*

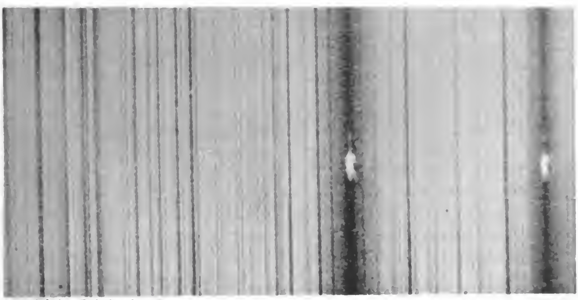
Jahr	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Mittel
1871	88 3	125.3	143.2	162.4	145.5	91.7	103.0	110.0	80.3	89.0	105.4	90.3	111.2
72	79.5	120.1	88.4	102.1	107.6	109.9	105.2	92.9	114.6	103 5	112.0	83.9	101.7
73	86.7	107.0	98.3	76.2	47.9	44.8	66.9	68.2	47.5	47.4	55.4	49.2	66.3
74	60.8	64.2	46.4	32.0	44.6	38.2	67.8	61.3	28.0	34.3	28.9	29.3	44.6
75	14.6	22.2	33.8	29.1	11.5	23.9	12.5	14.6	2.4	12 7	17.7	9.9	17.1
76	14.3	15.0	31.2	2.3	5.1	1.6	15.2	8.8	9.9	14.3	9.9	8.2	11.3
77	24.4	8.7	11.7	15.8	21.2	13.4	5.9	6.3	16.4	6.7	14.5	2.3	12.3
78	3.3	6.0	7.8	0.1	5.8	6.4	0.1	0.0	5.3	1.1	4.1	0.5	3.4
79	0 8	0.6	0.0	6.2	2.4	4.8	7.5	10.7	6.1	12.3	12.9	7.2	6.0
80	24.0	27.5	19.5	19.3	23.5	34.1	21.9	48.1	66.0	43.0	30.7	29.6	32.3
1881	36.4	53.2	51.5	51.7	43.5	60.5	76.9	58.0	53.2	64.0	54.8	47.3	54 3
82	45.0	69.3	67.5	95.8	64.1	45.2	45.4	40.4	57.7	59.2	84.4	41.8	59.6
83	60.6	46.9	42.8	82.1	32.1	76.5	80.6	46.0	52.6	83.8	84.5	75.9	63.7
84	91.5	86.9	86.8	76.1	66.5	51.2	53.1	55.8	61.9	47.8	36.6	47.2	63.5
85	42.8	71.8	49.8	55.0	73.0	83.7	66.5	50.0	39.6	38.7	33.3	21.7	52.2
86	29.9	25.9	57.3	43.7	30.7	27.1	30.3	16.9	21.4	8.6	0.3	12.4	25.4
87	10.3	13.2	4.2	6.9	20.0	15.7	23.3	21.4	7.4	6.6	6.9	20.7	13.1
88	12.7	7.1	7.8	5 1	7.0	7.1	3.1	2.8	8.8	2.1	10.7	6.7	6.8
89	0.8	8.5	7.0	4.3	2.4	6.4	9.7	20.6	6.5	2.1	0.2	6.7	6.3
90	5.3	0.6	5.1	1.6	4.8	1.3	11.6	8.5	17.2	11.2	9.6	7.8	7.1

Diese Tabelle giebt das vollständigste existierende Bild vom Verlaufe des Sonnenfleckenphänomens und ist als Grundlage aller betreffenden Untersuchungen anzusehen; sie bestätigt die früher gefundenen Resultate und fügt eine Reihe neuer hinzu. Vor allem stellte sich heraus, dass die 11-jährig-periodische Schwankung durchaus nicht regelmässig in gleicher Weise sich wiederholt, sondern ganz bedeutenden Ungleichheiten unterliegt; der thatsächliche Verlauf der Erscheinung innerhalb jeder einzelnen Periode war also zu unterscheiden von demjenigen, wie er im Mittel aus einer grossen Anzahl von Perioden sich ergab. Es musste somit zunächst dieser mittlere Verlauf festgestellt und dann untersucht werden, ob und welche Gesetzmässigkeiten in den Abweichungen des wahren Verlaufes von jenem sich zeigen.

Der mittlere Verlauf der Sonnenfleckenperiode. Die Darstellung dieses mittleren Verlaufes umfasst dreierlei; erstens die Bestimmung der mittleren Länge der Hauptperiode, sodann die Angabe der mittleren Epoche einer bestimmten Phase, am einfachsten eines Maximums oder Minimums, wenn beide in gleichen Abständen sich folgen, oder beider zugleich, wenn letzteres nicht der Fall ist, endlich die Ermittelung der Form der Wellenlinie, welche die Zu- und Abnahme der Erscheinung während einer vollen Periode darstellt.

Während Wolf 1852 aus dem 17. und 18. Jahrhundert nur je eine Maximum- und eine Minimumepoche anzugeben vermochte, konnte er jetzt alle Maxima und Minima von 1749 hinweg mit grosser Annäherung fortsetzen. Diese Epochen sind in der folgenden kleinen Tabelle zusammengestellt, und zwar nach Massgabe ihrer Zuverlässigkeit getrennt in die beiden Gruppen vor und nach 1749, in deren erster die Unsicherheit einer Epoche noch bis auf ein Jahr ansteigen kann, während sie in der zweiten durchschnittlich nur wenige Monate beträgt.





Photographieen der Sonne und der Protuberanzen mit dem Spektroheliographen des Kenwood-Observatorium von George E. Hale.

Minimum		Maximum		Minimum		Maximum	
—		—		1745.0		1750.3	
	—		—		10.2		11.2
1610.8		1615.5		1755.2		1761.5	
	8.2		10.5		11.3		8.2
1619.0		1626.0		1766.5		1769.7	
	15.0		13.5		9.0		8.7
1634.0		1639.0		1775.5		1778.4	
	11.0		9.5		9.2		9.7
1645.0		1649.0		1784.7		1788.1	
	10.0		11.0		13.6		16.1
1655.0		1660.0		1798.3		1804.2	
	11.0		15.0		12.3		12.2
1666.0		1675.0		1810.6		1816.4	
	13.5		10.0		12.7		13.5
1679.5		1685.0		1823.3		1829.9	
	10.0		8.0		10.6		7.3
1689.5		1693.0		1833.9		1837.2	
	9.4		12.5		9.6		10.9
1698.9		1705.5		1843.5		1848.1	
	13.1		12.7		12.5		12.0
1712.0		1718.2		1856.0		1860.1	
	11.5		9.3		11.2		10.5
1723.5		1727.5		1867.2		1870.6	
	10.5		11.2		11.7		13.3
1734.0		1738.7		1878.9		1883.9	
	11.0		11.6		10.7		
				1889.6			

Man kann aus diesen Epochen die mittlere Periodenlänge und die mittleren Epochen des Maximums und Minimums auf zweierlei Weise finden. Die vorstehende Tabelle enthält neben den Epochen zugleich deren aufeinanderfolgende Differenzen, also die einzelnen wirklichen Periodenlängen. Ihr Gesamtmittel ergiebt als mittlere Periodenlänge:

$$P = 11.18 \text{ Jahre} \begin{array}{l} \pm 1.98 \\ \pm 0.28 \end{array},$$

also nur wenig verschieden von dem 1852 aus weit unvollständigerem Materiale abgeleiteten Werte 11.11 Jahre. Es ist klar, dass bei dieser Bestimmungsweise eigentlich nur je die äussersten Epochen massgebend sind, indem:

$$\frac{(1878.9 - 1610.8) + (1883.9 - 1615.5)}{48} = 11.18 \text{ Jahre.}$$

Dieser Periodenlänge sind zwei Fehlergrössen beigefügt, welche folgende Bedeutung haben. Man sieht aus der Tafel der Epochen, dass die Längen der einzelnen Perioden sehr stark von einander abweichen; sie schwanken zwischen 8 und 16 Jahren, also um Beträge, welche die Unsicherheiten der Epochen weit übersteigen. Die Periodenlänge ist also veränderlich, und die Zahl 1.98, welche aus den Abweichungen der einzelnen Periodenlängen vom Mittel berechnet ist, giebt den mittleren Betrag ihrer Schwankung. Die andere Fehlergrösse dagegen, 0.28, bezeichnet die der mittleren

Periodenlänge noch anhaftende Unsicherheit, wonach selbst jetzt nach Ablauf von bald drei Jahrhunderten, während welcher man die Erscheinung kennt, die mittlere Länge der Periode kaum auf vier Monate genau bekannt ist. Vorläufig kann man nur sagen, dass diese mittlere Dauer zwischen 10.9 und 11.5 Jahren liegt, und dass die 1852 gefundene Zahl $11^1/_9$ Jahre immer noch einen vollkommen brauchbaren Wert vorstellt. Man ersieht auch leicht aus der obigen kleinen Tafel, wie langsam man sich infolge jener Schwankungen dem wahren Werte der mittleren Periodenlänge nähert.

Der wirkliche Verlauf des Wechsels der Sonnenfleckenhäufigkeit. Zur Erkenntnis weiterer Eigentümlichkeiten der Erscheinung wird man am leichtesten geführt durch eine Vergleichung des eben dargestellten mittleren Verlaufes derselben mit dem thatsächlichen, wie er für jede einzelne Periode durch die Monatsmittel der beobachteten, unausgeglichenen Relativzahlen gegeben ist. Eine graphische Darstellung dieser Zahlen erleichtert die Übersicht in hohem Grade und lässt auf einen Blick drei Thatsachen erkennen, die teilweise schon früher angedeutet worden sind: erstens die kurzperiodischen Schwankungen der Fleckenhäufigkeit, sodann die Verschiedenheit der einzelnen Hauptperioden nach Dauer und Amplitude, endlich die Perioden höherer Ordnung, an welche diese Unterschiede gebunden zu sein scheinen. Dass der 11-jährige Wechsel in der Fleckenhäufigkeit nicht in einer einfachen Zu- und Wiederabnahme besteht, sondern dass innerhalb derselben auch Schwankungen von kürzerer Periode sehr deutlich hervortreten, welche in der Sonnenfleckenkurve die „Zacken" erzeugen, ist bereits bemerkt worden. In diesen Zacken tritt augenscheinlich eine Periode von etwas mehr als $7^1/_2$ Monaten hervor, und da die Unvollständigkeit des Beobachtungsmateriales, sowie der Einfluss der heliographischen Verteilung der Flecke und der Rotation der Sonne schon in den monatlichen Mitteln grösstenteils ausgeglichen ist, so bedeuten jene Schwankungen eine thatsächliche Veränderlichkeit in der Stärke der Fleckenbildung. Ebenso unzweifelhaft ist festgestellt, dass diese kurzperiodischen Schwankungen zur Zeit eines Maximums grössere Amplituden als zur Zeit eines Minimums zeigen, indem in der graphischen Darstellung die die Zacken von oben und unten einhüllenden Kurven zur Zeit eines Maximums auseinandergehen, zur Zeit eines Minimums sich zusammendrängen. Der 11-jährig-periodische Wechsel der Fleckenhäufigkeit drückt sich also nicht bloss in ihrer absoluten Grösse, sondern auch in der Stärke ihrer Veränderlichkeit aus.

Die Verschiedenheit der einzelnen Hauptperioden nach Länge und Höhe der Wellen tritt bei der Darstellung der beobachteten wie der ausgeglichenen Relativzahlen gleich deutlich hervor, und Wolf hat in verschiedener Weise untersucht, ob auch diese Abweichungen gesetzmässiger Natur seien. Es ist oben bereits hervorgehoben worden, dass die wirkliche Periodenlänge zwischen 8 und

16 Jahren schwanken könne; ein Gesetz lässt sich indessen in diesen Schwankungen nicht erkennen, obschon, wie man aus der Epochentafel sieht, zu gewissen Zeiten die kurzen, zu anderen Zeiten wieder die langen Perioden vorzuherrschen scheinen. Etwas deutlicher tritt ein solches hervor, wenn man die Maximal-, bezw. Minimalepochen selbst, statt bloss ihre Zwischenzeiten betrachtet. Berechnet man nämlich mittels der früher gefundenen Normalepochen die Epochen sämtlicher Minima und Maxima, zu denen sich korrespondierende beobachtete finden, so erhält man die folgende kleine Tafel:

Beobachtet		Berechnet			Beobachtet		Berechnet		
Min.	Max.	Min.	Max.	△	Min.	Max.	Min.	Max.	△
1610.8		1610.0		0.8		1750.3		1749.3	1.0
	1615.0		1615.1	0.4	1755.2		1755.4		—0.2
1619.0		1621.2		—2.2		1761.5		1760.4	1.1
	1626.0		1626.3	—0.3	1766.5		1766 6		—0.1
1634.0		1632.4		1.6		1769.7		1771.6	—1.9
	1639.5		1637.5	2.0	1775.5		1777.7		—2.2
1645 0		1643.6		1.4		1778.4		1782.8	—4.4
	1649.0		1648.6	0.4	1784.7		1788.9		—4.2
1655.0		1654.8		0.2		1788.1		1794.0	—5.9
	1660 0		1659.8	0.2	1798.3		1800.1		—1.8
1666 0		1665.9		0.1		1804.2		1805.2	—1.0
	1675.0		1671.0	4.0	1810.6		1811 3		—0.7
1679.5		1677.1		2.4		1816 4		1816.3	0.1
	1685.0		1682.2	3.2	1823.3		1822.5		0.8
1689 5		1688.3		1.2		1829.9		1827.5	2.4
	1693.0		1693.4	—0.4	1833.9		1833.6		0.3
1698.9		1699.5		—0.6		1837.2		1838 7	—1.5
	1705.5		1704.5	1.0	1843.5		1844.8		—1.5
1712.0		1710.7		1 3		1848.1		1849.9	—1.8
	1718.2		1715.7	2.5	1856.0		1856.0		0.0
1723.5		1721.8		1.7		1860.1		1861.1	—1.0
	1727.5		1726.9	0.6	1867.2		1867.2		0.0
1734.0		1733.0		1.0		1870.6		1872 2	—1.6
	1738.7		1738.1	0.6	1878.9		1878.4		0.5
1745.0		1744.2		0.8		1883.9		1883.4	0.5

Hier ist in den Differenzen △ zwischen den beobachteten und berechneten Epochen, die man nach Wolf als die Anomalien des wirklichen Verlaufes gegenüber dem mittleren bezeichnen kann, ein gewisser systematischer Gang unverkennbar; er tritt besonders deutlich hervor in der zweiten mit 1750 beginnenden Hälfte der Reihe, deren Epochen erheblich zuverlässiger sind als die vorhergehenden, und führt zu dem Schlusse, dass die einzelnen Hauptwellen der Sonnenfleckenkurve in periodischer Weise zeitlichen Verschiebungen unterliegen. Dieser Schluss erhält eine Stütze durch die Vergleichung der quantitativen Verhältnisse der einzelnen elfjährigen Perioden. Es schien ursprünglich nach dem blossen Anblicke der Sonnenfleckenkurve der Wechsel in Länge und Höhe der Wellen sich in der Weise zu vollziehen, dass grössere Thätigkeit auf der Sonne kürzere Perioden bedinge und umgekehrt, so

dass man vermuten konnte, es sei die Summe der Thätigkeit während einer vollen Periode annähernd eine Konstante. Spätere Untersuchungen haben dies jedoch nicht bestätigt, vielmehr zeigte sich, dass die Summe der monatlichen Relativzahlen zwischen zwei aufeinanderfolgenden Minima in den verschiedenen Perioden stark variiere.

Dass neben der 11-jährigen Periode noch andere grössere bestehen, darauf weist vor allem auch die Thatsache hin, dass die Wellenberge und -thäler der 11-jährigen Perioden nicht je in einer Horizontalen liegen, sondern in zwei neuen Wellenlinien; indessen ist es bis jetzt nicht gelungen, die Dauer einer solchen Oberperiode in unzweifelhafter Weise zu ermitteln: die Versuche, welche Wolf zu verschiedenen Malen in dieser Richtung machte, haben ihn zu stark abweichenden Resultaten, nämlich zu Zahlen in der Nähe von 60, 80 und 170 Jahren geführt, von denen keine einen wesentlich grösseren Anspruch auf Wahrscheinlichkeit als die übrigen machen kann.

Wenn man nach der Entstehungsweise solcher Perioden höherer Ordnung fragt, so liegt es nahe, sie als eine Folge des gleichzeitigen Nebeneinanderbestehens zweier oder selbst mehrerer nach Länge und Amplitude verschiedener Perioden niedrigerer Ordnung zu betrachten, und diese Auffassung scheint im vorliegenden Falle eine gewisse Bestätigung erlangt zu haben durch eine Untersuchung, welche Wolf zunächst in der Absicht einer Neubestimmung der Länge der 11-jährigen Periode auf einem vom früheren durchaus abweichenden Wege durchgeführt hat. Während nämlich die frühere Bestimmung der Periodenlänge sich einzig auf die Epochen der Minima und Maxima, also auf die in deren Nähe liegenden Beobachtungen stützt, verwendet diese neue Methode das gesamte Beobachtungsmaterial.

Es zeigt sich, dass die veränderliche Fleckenperiode sich als eine Summenwirkung von drei verschiedenen, nebeneinander bestehenden Perioden darstellen würde, deren erste mit der bisher allein bekannten mittleren Periode sehr nahe übereinkäme, während den beiden anderen die starken Schwankungen in Länge und Amplitude zuzuschreiben wären. Sucht man nun diejenigen Perioden auf, welche genau oder nahe ganze Vielfache dieser drei Perioden sind, so findet man insbesondere Zeiträume in der Nähe von 100 und 170 Jahren, und so würde der letztere also mit der oben bereits genannten, von Wolf vermuteten Oberperiode von etwas über 170 Jahren zusammentreffen; indessen reicht das seit 1750 vorhandene Material noch nicht zu einer bestimmten Entscheidung aus, und diese muss wohl einer weit späteren Zeit vorbehalten bleiben.

Der Zusammenhang zwischen Sonnenfleckenhäufigkeit und Erdmagnetismus. Die Schwabe'sche Entdeckung hat zu ihrer Zeit nicht so rasch die verdiente Beachtung gefunden und nur wenige zur Beteiligung an der Verfolgung der Erscheinung anzuregen ver-

mocht. In den Vordergrund trat sie eigentlich erst durch die Entdeckung, dass gewisse tellurische Erscheinungen in engem Zusammenhange mit dem Auftreten der Sonnenflecke stehen. Diese letztere ist noch weniger als jene eine vorbereitete zu nennen. Zwar hatte im vorigen Jahrhundert schon Mairan bemerkt, dass die Häufigkeit des Polarlichtes, dessen Zusammenhang mit dem Erdmagnetismus bekannt war, sich in periodischer Weise ändere, und dass Jahre mit häufigen Nordlichtern und solche mit zahlreichen Sonnenflecken zu korrespondieren scheinen. Wolf hat 1852 hierauf neuerdings aufmerksam gemacht, und man verdankt ihm auch hier die Schaffung einer festen Grundlage für betreffende Untersuchungen durch Zusammenstellung eines Nordlichtkataloges, welcher in seiner späteren Vervollständigung durch Fritz jenen Zusammenhang als sichere Thatsache ergab. Dem ging aber die Entdeckung von 1852 voran. Heute weiss man, dass die Sonnenfleckenhäufigkeit sich ganz unzweifelhaft in den erdmagnetischen Erscheinungen abspiegelt, und hat Grund, zu vermuten, dass solche Beziehungen noch für eine Reihe anderer meteorologischer Elemente bestehen. Für keines ist indessen jener Zusammenhang in so ausgedehnter und gründlicher Weise festgestellt worden, wie für die tägliche Variation der magnetischen Deklination durch Wolf.

Aus seinen magnetischen Beobachtungen hatte Lamont in München 1852 erkannt, dass die Grösse der täglichen Schwankung der magnetischen Deklination in einer ca. 10-jährigen Periode regelmässig zu- und abnehme, und eine damit übereinstimmende Periode in den sogenannten magnetischen Störungen hatte General Sabine nahe gleichzeitig nachgewiesen. Sabine scheint sofort bemerkt zu haben, dass seine magnetische Periode mit der von Schwabe gefundenen Sonnenfleckenperiode parallel verlaufe, und wenige Monate später fanden Wolf und Alfred Gautier unabhängig von einander und ohne von der noch nicht veröffentlichten Entdeckung Sabine's Kenntnis zu haben, dass derselbe Parallelismus auch zwischen den von Lamont beobachteten Deklinationsvariationen und den Schwabe'schen Sonnenfleckenzahlen in der Weise bestehe, dass zur Zeit der Sonnenfleckenmaxima und -minima auch die tägliche Variation ihre grössten, bezw. kleinsten Werte annehme. Es hat nicht an Versuchen gefehlt, diesen Zusammenhang, über dessen Grund auch heute noch bloss Vermutungen bestehen, als ein damals zufällig stattfindendes Zusammentreffen hinzustellen. So hielt vor allem Lamont selbst an seiner 10-jährigen Periode der Deklinationsvariation fest und stellte den Parallelismus mit der 11-jährigen Sonnenfleckenperiode bestimmt in Abrede. Anderseits ermittelte später J.| A. Broun, bekannt durch seine Arbeiten über den Erdmagnetismus, die Periode der Variation zwar ebenfalls zu bloss 10.45 Jahren, war aber mit Wolf bezüglich des Parallelismus einig; nur bestand er darauf, dass auch die Sonnenfleckenperiode nicht 11.1 Jahre, sondern nur etwas mehr als 10 Jahre betrage. Aus

den Wolf'schen Untersuchungen wird man sich aber überzeugt haben, dass bezüglich der mittleren Dauer der Sonnenfleckenperiode kein Zweifel mehr bestehen kann, und es ist jetzt noch darzulegen, wie Wolf im Laufe der letzten 40 Jahre auch den Gang der periodischen Änderung der Deklinationsvariation nach den vorhandenen Beobachtungen darstellen und die Realität seiner und Gautier's Entdeckung nachweisen konnte. Zunächst zeigte er schon in der Mitte der fünfziger Jahre, dass die Periode von $11^1/_9$ Jahren die von Lamont und Gauss seit 1835 beobachteten Variationen noch besser darstelle als die 10-jährige Periode Lamont's, und, was wichtiger ist, dass seit dem Anfange des Jahrhunderts die beobachteten Maxima und Minima beider Erscheinungen stets innerhalb eines Jahres übereinstimmen.

Diese Resultate waren immerhin nur als vorläufige zu betrachten. Zu ihrer Bestätigung musste, wenn möglich, für die Deklinationsvariation dasselbe geleistet werden, was mit so grossem Erfolge für die Sonnenflecke gelungen war, nämlich eine möglichst ununterbrochene Darstellung des Verlaufes der Erscheinung seit der Zeit, wo man angefangen hatte, sie zu beobachten. Solche Beobachtungen lagen für einige europäische Stationen aus der zweiten Hälfte des vorigen und der ersten Hälfte des gegenwärtigen Jahrhunderts, wenn auch in bruchstückhafter Form vor, seit 1834 aber in wachsender Zahl und Vollkommenheit insbesondere von München, Prag, Mailand, Greenwich, Christiania, Rom u. s. w. Anfangs der siebziger Jahre hatte Wolf aus den damals verfügbaren Beobachtungen eine Reihe von Jahresmitteln der Variationen gebildet, welche von 1775—1833 zum Teile noch etwas unsicher war, von 1834 hinweg aber als zuverlässig gelten konnte. Um die Mitte der achtziger Jahre war er sodann in den Stand gesetzt, durch Hinzuziehung neuer Reihen eine Tabelle der Monatsmittel der Variation für das mittlere Europa herzustellen, welche den Verlauf der Erscheinung für den ganzen Zeitraum von 1781—1880, also für volle 100 Jahre darstellt. Bei dieser Reihe war jenes Ausgleichungsverfahren angewandt worden, welches schon bei den Sonnenflecken die sekundären Schwankungen beseitigen musste und hier in gleicher Weise die jährliche periodische Schwankung ausglich, denen, wie bekannt, die Deklinationsvariation jedes Ortes unterliegt, und welche allein an die jährliche Ortsveränderung der Sonne gebunden ist.

Schon die Nebeneinanderstellung jener jährlichen Mittelzahlen und der entsprechenden Relativzahlen, weit überzeugender aber ihre graphische Darstellung durch Kurven, lässt den Parallelismus beider Erscheinungen aufs deutlichste hervortreten, und hierbei ist von entscheidender Bedeutung, dass nicht bloss die zeitlichen Verschiebungen der Wendepunkte und der Wechsel in der Höhe der Wellen, sondern auch die sonstigen Unregelmässigkeiten beider Kurven, gewisse Aus- und Einbiegungen, sekundäre Maxima und Minima in nahe gleicher und gleichzeitiger Weise zusammentreffen. Auf Grund jener späteren vollständigeren Reihe aber liessen sich alle diese Verhält-

nisse noch bestimmter darstellen und insbesondere die hier folgenden Epochen der Maxima und Minima in schärferer Weise als früher angeben:

	Variationen	P.	Sonnenflecke
Minimum	1784.8	—	1784.7
Maximum	1787.4	—	1788.1
Minimum	1800.3	—	1798.3
Maximum	1803.5	11.6	1804.2
Minimum	1811.9	13.6	1810.6
Maximum . . .	1817.1	12.4	1816.4
Minimum	1824.3	12.8	1823.3
Maximum	1829.9	10.3	1829.9
Minimum	1834.6	7.0	1833.9
Maximum	1836.9	9.7	1837.2
Minimum	1844.3	11.3	1843.5
Maximum	1848.2	12.9	1848.1
Minimum	1857.2	12.5	1856.0
Maximum	1860.7	10.3	1860.1
Minimum	1867.5	10.1	1867.2
Maximum	1870.8	11.0	1870.6
Minimum	1878.5	13.1	1878.9
Maximum	1883.9	—	1883.9

Wenn man diesen Zahlen die entsprechenden Sonnenflecken-maxima und -minima gegenüberstellt, so ist, wie man sieht, die Übereinstimmung eine befriedigende, nicht nur für die neueren, sichereren Epochen, sondern selbst für die beiden ersten, welche in eine Zeit fallen, wo der wirkliche Verlauf des Sonnenfleckenphänomens gegenüber dem mittleren ungewöhnlich starke Störungen erkennen lässt. Dass auch der Wechsel in der Höhe der einzelnen Wellen bei beiden Erscheinungen in gleicher Weise auftritt, stellte sich bei einer Vergleichung derjenigen Relativzahlen, welche den einzelnen Maxima von 1837 an zukommen, mit den entsprechenden in Mailand beobachteten Variationen heraus, wie die folgende Gegenüberstellung zeigt:

Sonnenfl. max.	Relativzahlen	Variat. in Mailand
1837.2	146.9	12.21′
1848.1	131.5	11.64
1860.1	91 9	10.17
1870.6	140.5	12.00
1883.9	75.0	9.38

und es kann nicht genug betont werden, dass in der Übereinstimmung solcher Anomalien eines der sichersten Kennzeichen des Zusammenhanges liegt.

Die obigen Maximum- und Minimumepochen sind von Wolf auch benutzt worden, um den mittleren Verlauf der Erscheinung in derselben Weise wie für die Sonnenflecke festzustellen, indem er zunächst aus denselben die mittlere Länge der Periode bestimmte. Wenn man die beiden ersten Epochen, die der Zeit der grossen Störung angehören, weglässt, so findet man aus den in der Epochen-

tafel der Variationen bereits angegebenen Differenzen je zweier aufeinander folgender gleichnamiger Epochen den Mittelwert:

$$P = 11.33 \text{ Jahre} \begin{smallmatrix} \pm 1.77 \\ \pm 0.47 \end{smallmatrix},$$

wo wieder die erste der beiden Fehlergrössen die mittlere Schwankung der einzelnen Periode, die zweite aber die Unsicherheit des Mittelwertes selbst bezeichnet. Die mittleren Periodenlängen der Variationen und der Sonnenflecke stimmen also weit innerhalb ihrer Unsicherheiten überein, während anderseits der mittlere Unterschied gleichnamiger Wendeepochen beider Erscheinungen ($\pm$ 0.8) beträchtlich innerhalb der beiderseitigen mittleren Schwankungen der Periodenlängen liegt. Wenn man endlich aus den einzelnen Epochen mittels der gefundenen Periodenlänge wie früher die Normalepochen des Maximums und Minimums bestimmt, so findet man:

Mittl. Min. = 1845.24 Mittl. Max. = 1849.54.

Es folgt also auch hier ein Maximum dem vorangehenden Minimum schon nach $4^1/_4$ Jahren, das folgende Minimum dem Maximum aber erst nach 7 Jahren; die Variationskurve zeigt also wie die Sonnenfleckenkurve die charakteristische Eigentümlichkeit, wesentlich rascher anzusteigen als abzufallen.

Bei zwei derart parallel verlaufenden Erscheinungen, gleichviel ob sie im Verhältnisse von Ursache und Wirkung stehen oder nur gleichzeitige Folgen derselben Ursache sind, musste es möglich sein, das Mass der einen aus demjenigen der anderen in ähnlicher Weise abzuleiten, wie man Ablesungen an verschiedenen Skalen aufeinander reduziert, also durch eine einfache Formel:

$$v = a + b\,r,$$

in welcher v die an einem bestimmten Orte beobachtete tägliche Variation, r die beobachtete Sonnenfleckenrelativzahl, a und b aber für jeden Ort Konstanten bedeuten, die aus korrespondierenden Werten von v und r zu bestimmen waren. Ein erster, 1859 gemachter Versuch dieser Art, die Jahresmittel der Münchener Variationen durch die entsprechenden mittleren jährlichen Relativzahlen darzustellen, gelang befriedigend, nicht weniger für die ausgedehnte Beobachtungsreihe von Prag und nach und nach für eine ganze Reihe weiterer magnetischer Beobachtungsstationen.

Indem hierbei zunächst die Konstanten a und b für jeden Ort besonders bestimmt wurden, stellte sich eine ziemlich deutliche Abhängigkeit derselben von der geographischen Lage der Stationen in der Weise heraus, dass beide mit zunehmender östlicher Länge und abnehmender Breite abnehmen; immerhin zeigt innerhalb eines beschränkten Gebietes, z. B. des mittleren Europa, die Konstante b, welche den Einfluss der Sonnenfleckenzahl ausdrückt, nur Unterschiede, welche ganz wohl durch die Verschiedenheit der angewandten magnetischen Instrumente und Beobachtungsmethoden erklärt werden

können. Beides lässt die folgende Zusammenstellung einiger der bestbegründeten unter den von Wolf nach und nach aufgestellten Formeln deutlich erkennen:

Station	Länge v. Paris		Breite		a	b
Toronto . . .	—5h	27m	43°	40′	7.96′	0.040′
Greenwich . .	—0	10	51	30	6.67	0.039
Mailand . . .	0	28	45	28	5.28	0.043
Christiania . .	0	34	59	55	4.94	0.037
München . . .	0	37	48	9	6.74	0.042
Berlin	0	44	52	30	6.62	0.042
Prag	0	48	50	5	6.12	0.040
Wien	0	56	48	13	5.13	0.039
Barnaul . . .	5	27	53	19	3.53	0.028
Trevandrum . .	4	58	8	30	0.24	0.007
Batavia . . .	6	58	— 6	11	—3.16	—0.016
Hobarton . . .	9	40	—42	53	—7.17	—0.032

Es war somit gerechtfertigt, den Faktor b wenigstens für das mittlere Europa konstant, nämlich im Mittel gleich 0.045 anzunehmen und nur die Konstante a für die verschiedenen Orte getrennt zu berechnen. So ergiebt sich z. B. für Prag die Formel:

$$v = 5.89' + 0.045' \; r,$$

und wie befriedigend dieselbe die Variationen durch die Relativzahlen darstellt, sieht man aus der folgenden Tabelle, in welcher den Jahresmitteln der von 1851—90 in Prag beobachteten Variationen die nach der Formel aus den r berechneten gegenübergestellt sind.

Jahr	r	v beob.	v ber.	Diff.	Jahr	r	v beob.	v ber.	Diff.
1851	64.5	8.32′	8.79′	—0.47′	1871	111.2	11.42′	10.98′	+0.53′
52	54.2	7.09	8.33	—0.24	72	101.7	10.70	10.47	+0.23
53	39.0	6.09	7.65	—0.56	73	66.3	9.05	8.87	+0.18
54	20.6	.81	6.82	—0.01	74	44.6	7.98	7.90	+0.08
55	6.7	6.41	6.19	+0.22	75	17.1	6.73	6.66	+0.07
56	4.3	5.98	6.08	—0.10	76	11.3	6.47	6.40	+0.07
57	22.8	6.95	6.92	+0.03	77	12.3	5.95	6.44	—0.49
58	54.8	7.41	8.36	—0.95	78	3.4	5.65	6.04	—0.39
59	93.8	10.36	10.11	+0.25	79	6.0	5.99	6.16	—0.17
60	95.7	10.10	10.20	—0.10	80	32.3	6.85	7.34	—0.49
61	77.2	9.17	9.36	—0.19	81	54.2	7.90	8.33	—0.43
62	59.1	8.60	8.55	+0.05	82	59.6	7.92	8.57	—0.65
63	44.0	8.84	7.87	+0.97	83	63.7	8.34	8.76	—0.42
64	46.9	8.02	8.00	+0.02	84	63.4	8.27	8.74	—0.47
65	30.5	7.93	7.26	+0.67	85	52.2	7.83	8.24	—0.41
66	16.3	7.46	6.62	+0.84	86	25.4	7.00	7.03	—0.03
67	7.3	6.95	6.22	+0.73	87	12.6	6.72	6.46	+0.26
68	37.3	8.02	7.57	+0.45	88	7.0	6.64	6.21	+0.43
69	73.9	9.22	9.22	0.00	89	6.3	5.99	6.17	—0.18
70	139.1	11.23	12.15	—0.92	90	7.1	6.16	6.21	—0.05

Diese Formeln gaben zunächst nur eine Beziehung zwischen den jährlichen Mitteln der Relativzahlen und Variationen; Wolf hat aber zeigen können, dass dieselbe auch für den Einzelverlauf insofern besteht, als man mit Hilfe derselben Formeln aus den monat-

lichen Relativzahlen die entsprechenden Monatsmittel der Variation darstellen kann, sobald man die letzteren von ihrem jährlich periodischen Gange befreit, d. h. der monatlichen Variationsformel noch ein Glied hinzufügt, welches diesen periodischen Gang als Funktion der Deklination der Sonne ausdrückt, und hier ist wieder charakteristisch, dass die Amplitude dieses jährlichen Ganges in Zeiten der Sonnenfleckenmaxima sich grösser als in Minimalzeiten herauszustellen scheint."

Kleine Planeten.

Seit dem letzten Berichte im 2. Bande dieses Jahrbuches ist die Zahl der kleinen Planeten erheblich gewachsen, und zwar Dank der Anwendung photographischer Aufnahmen des Himmels durch Dr. Max Wolf. Gleichzeitig aber haben sich Schwierigkeiten gezeigt bezüglich der Feststellung der Reihenfolge der Entdeckung. Infolgedessen haben Prof. Krueger und Prof. Tietjen das Übereinkommen getroffen, dass die neuen Planeten von jetzt ab zunächst nur mit einer provisorischen Bezeichnung: 18 . . . A, B u. s. w. nach dem Datum der Anmeldung bei der Zentralstelle für astronomische Telegramme versehen werden. Die definitive Numerierung wird der Herausgeber des Astronomischen Jahrbuches erst später zu geeigneter Zeit vornehmen, aber dabei alle diejenigen Planeten, für die geeignetes Material zur Bahnberechnung nicht vorhanden sein sollte, von der Numerierung ausschliessen.

Folgendes sind die seit dem letzten Berichte aufgefundenen Asteroiden:

Nr.	323	entdeckt	von	Wolf	in	Heidelberg[1])	am	20.	Dezember	1891
"	324	"	"	Palisa	"	Wien	"	25.	Februar	"
"	325	"	"	Wolf	"	Heidelberg	"	4.	März	"
"	326	"	"	Palisa	"	Wien	"	19.	"	"
"	327	"	"	Charlois	"	Nizza	"	22.	"	"
"	328	"	"	Wolf	"	Heidelberg	"	18.	"	"
"	329	"	"	"	"	"	"	21.	"	"
"	330	"	"	"	"	"	"	19.	"	"
"	331	"	"	Charlois	"	Nizza	"	1.	April	"
"	332	"	"	Wolf	"	Heidelberg	"	19.	März	"

Die folgenden Planeten haben provisorische Benennungen erhalten:

A	22. Aug.	(Wolf);	B	1. Sept.	(Wolf) (ist der Planet 163);
C	1. Sept.	(Staus);	D	19. Sept.	(Charlois);
E	22. Sept.	(Charlois);	F	25. Sept.	(Charlois);
G	25. Sept.	(Wolf);	H	25. Sept.	(Wolf);
J	25. Sept.	(Wolf);	K	20. Okt.	(Wolf).

Die Bahnneigungen der kleinen Planeten. Dr. A. Berberich veröffentlicht[2]) hierüber einige Betrachtungen, die zu dem Schlusse führen, dass die Neigungen im allgemeinen kleiner als 10°

[1]) Nr. 323 vom 22. Dezember 1891 wurde später als identisch mit Urania (30) erkannt.
[2]) Astr. Nachr. Nr. 3088.

sind; „wächst in einer bestimmten Grössenklasse das Neigungsmittel über 10°, so ist diese Klasse nahezu erschöpft, es sind nur noch wenige ihr angehörende Planeten zu erwarten. Vergleicht man die erste und zweite Klasse, also die Planeten 10. und 11. Grösse, die beide zum grössten Teile vollständig bekannt sind, so darf man das Verhältnis der Anzahl der Planeten auf etwa $^1/_2$ schätzen, d. h. es scheint nahe doppelt so viele Planeten 11. als 10. Grösse zu geben. Die Anzahl der helleren Planeten ist zu gering (29), als dass man dieselben zu irgend welchen Schlussfolgerungen heranziehen könnte; um die genannte Summe zu erhalten, müsste man das Anzahlverhältnis etwas grösser als 2, ungefähr 2.6 annehmen. So viel dürfte aus der genannten Untersuchung hervorgehen, dass bis jetzt erst ein geringer Bruchteil der unseren heutigen optischen Mitteln zugänglichen Planetoiden entdeckt ist, wenngleich es den Anschein hat, als ob die Zahl der helleren Planeten, einschliesslich 12. Grösse, nur um wenige hundert noch vermehrt werden könnte.“

Photometrische Beobachtungen der Planeten sind von Prof. Müller auf dem astrophysikalischen Observatorium zu Potsdam seit Jahren angestellt worden. Die Ergebnisse, welche demnächst veröffentlicht werden, lassen sich nach Prof. Vogel[1]) dahin zusammenfassen, „dass das Lambert'sche Gesetz für keinen der grossen Planeten gültig ist, und dass die Abhängigkeit der Helligkeit von der Phase ebenfalls mit keiner der bisherigen Theorien in Einklang zu bringen ist. In Beziehung auf die Lichtkurve stimmen Merkur und Mond, sowie Venus und Mars recht nahe überein, und es liegt nahe, hieraus Schlüsse auf Ähnlichkeit der Oberflächen und gleiche Dichtigkeit der Atmosphären dieser Weltkörper zu ziehen. Die mittleren Helligkeiten einiger der grossen Planeten zeigen Schwankungen in dem Sinne, dass dieselben von 1878 bis etwa 1883 und 1884 beständig zunehmen und dann wieder langsam abnehmen. Der Betrag der Schwankungen ist gering; immerhin aber, namentlich bei Jupiter, doch beträchtlich grösser, als man nach der Grösse des wahrscheinlichen Beobachtungsfehlers erwarten sollte. Will man der Erscheinung Realität beimessen, so würde sie sich am ungezwungensten durch Schwankungen in der Sonnenhelligkeit erklären lassen. Es würde folgen, dass zur Zeit der geringsten Sonnenthätigkeit (Ende 1878) auch die Lichtentwickelung am schwächsten gewesen ist, während sie ein Maximum zur Zeit der grössten Sonnenthätigkeit (Anfang 1884) erreicht hat.“

Venus.

Trouvelot's Beobachtungen dieses Planeten während eines Zeitraumes von fast 20 Jahren haben ihn zu folgenden Ergebnissen geführt[2]):

Venus ist bei klarem Himmel für das blosse Auge sichtbar

[1]) Vierteljahrsschrift der Astr. Ges. 27. 1892. p. 141.
[2] Soc. astron. de France. Febr. 1892.

bis zu 10° von der Sonne bei unterer und bis zu 5° bei oberer Konjunktion, in Meudon (bei Paris) wurde sie indessen nie innerhalb 20° von der Sonne wahrgenommen.

Verwaschene, vage graue Flecken zeigen sich zeitweise nahe der Lichtgrenze auf der Venus, und sie sind von kurzer Dauer.

Zwei davon (September 1876 und Februar 1891) können Wiederholungen (Wiederkehr) des nämlichen Phänomens sein.

Die glänzenden Flecke, die man am Rande beobachtet, sind permanente und sehr hohe Gebirge, welche nur die Regionen nahe den Hörnerspitzen der Venussichel bedecken. Diese Gebirge sind so hoch, dass sie sich über die dichte Atmosphäre der Venus erheben, und bei ihnen liegen die Rotationspole. Die Rotationsachse ist etwa 10° gegen die Bahnebene der Venus geneigt.

Jene hohen Gebirge verursachen die merkwürdigen scheinbaren Deformationen der Hörnerspitzen, welche bisweilen eine S-förmige Gestalt zeigen.

Der Rand der Venus erscheint in seltenen Fällen deformiert. Die Ursache davon ist unbekannt.

Die Schärfe, mit der sich die Lichtgrenze darstellt, ist sehr veränderlich.

Die Phasen gehorchen nicht genau dem geometrischen Gesetze, die östliche tritt oft früher, die westliche später ein, als die Rechnung ergiebt.

Nahe der unteren Konjunktion ist der Rand über den Halbkreis erleuchtet, bisweilen bis zu 200° des Umfanges und darüber.

Die Dauer der Rotation ist nahezu 24 Stunden.

Mars.

Die Beobachtungen während der Opposition dieses Planeten im Jahre 1892 sind bis jetzt nur zum kleinsten Teile veröffentlicht worden, doch liegen immerhin von den mit den mächtigsten Instrumenten ausgestatteten Sternwarten auf Mt. Hamilton und Nizza einige wichtige Ergebnisse vor.

Zu Nizza sah Perrotin am 10. Juni und 2. und 3. Juli lokale Erhöhungen am westlichen Rande der Marsscheibe, hellglänzend, ähnlich der südlichen Polarzone. Am 3. Juli konnte die Erscheinung genau studiert werden, sie nahm von punktartiger Kleinheit bis zu einem Maximum zu und dann bis zum Verschwinden ab. Dauer 55 Minuten.

Der leuchtende Punkt, welcher am 10. Juni gesehen wurde, war 65 Minuten lang sichtbar und befand sich unter 30° südl. Br., wahrscheinlich im südlichen Teile der Halbinsel „Hesperia". Perrotin bemerkt noch, dass während der Sichtbarkeit des betreffenden Punktes der Teil der Marsscheibe in der unmittelbaren Nähe desselben etwas ausgebaucht oder angeschwollen erschien. Es ist schwer, die wahrgenommenen Erscheinungen zu deuten. Der nächste Gedanke wäre

derjenige an Berge, allein in diesem Falle müssten dieselben 50 bis 60 *km* Höhe haben, eine Annahme, wozu doch sonst keine Erfahrung berechtigt. Wahrscheinlicher ist es, dass es sich um ungeheure Wolkenmassen handelt, doch können nur fernere Beobachtungen hierüber Gewissheit verschaffen. — Die südliche Eiszone des Mars zeigte in den letzten Monaten eine deutliche Veränderung ihrer Grösse, sie erschien zuletzt von mehreren dunkeln Linien wie von Kanälen durchschnitten. Die erste derselben erblickte Perrotin Ende Juni, eine andere am 8. August. Die äussere Begrenzung der Eiszone wurde immer unregelmässiger, zwischen 300° und 360° der Länge zeigte sie eine dunkle Einkerbung, die zusehends wuchs. Von den Kanälen sind mehrere so deutlich erschienen, dass auch ein weniger geübter Beobachter sie hätte wahrnehmen können. Mehrere Gegenden nördlich vom Marsteile der grossen Syrte waren wiederholt von Nebeln oder Wolken erfüllt. Am 6. August sah Perrotin einen sehr hellen Punkt nördlich von dem Lacus solis, der durch seinen Glanz auffiel, aber am folgenden Tage nicht wieder gesehen werden konnte.

Von der Lick-Sternwarte liegt ein vorläufiger Bericht Holden's vor, welcher die Wahrnehmungen im Juni, Juli und bis zum 18. August behandelt[1]). Er betont zunächst, dass der Planet vom Mai bis September nur 28° bis 32° über dem Horizonte stand, was für ein so schwieriges Objekt zu niedrig sei, wenn man befriedigende Bilder erwarte, doch sei diese Höhe immer noch bis zu 6° grösser, als diejenige für die Sternwarten Südeuropas. Das Wetter war günstig, und der grosse 36-zollige Refraktor wurde wöchentlich an 6 Abenden von Holden, Schaeberle, Campbell, Hussey und Barnard auf den Mars gerichtet; ausserdem beobachtete Barnard den Planeten jeden Freitag am 12-zolligen Refraktor.

Die früheste Zeichnung des Mars am grossen Refraktor wurde von Schaeberle und Holden am 16. Juni erhalten, und bis zum August sind mehr als 100 Skizzen erhalten worden, worunter mehrere sehr schöne und vollständige. Die meisten wurden an Vergrösserungen von 360-fach, einige an 250-facher Vergrösserung erhalten, zuletzt ist der Planet auch an 520-facher Vergrösserung untersucht worden, doch war die Luft niemals ruhig genug, um diese Vergrösserung während einer ganzen Nacht anzuwenden. Die Eiszone des Mars ist mit besonderer Sorgfalt vermessen worden, wobei sich beträchtliche Veränderungen ihrer Ausdehnung ergeben haben. In dem Masse, als der Sommer der südlichen Marshemisphäre vorrückte, verminderte sich die Grösse der weissen Polarkappe. Prof. Holden bemerkt, es sei einer näheren Untersuchung wert, festzustellen, ob nicht eine Polarkalotte, die aus dichtem Gewölke besteht, ähnliche Veränderungen zeigen würde bei Vorrücken des Sommers, wie eine solche aus Schnee und Eis.

---

[1]) Astronomy and Astrophysics 1892. p. 663.

Interessant sind die Wahrnehmungen heller Punkte an der Lichtgrenze durch Holden und Schaeberle seit dem Juni, als Bestätigung der oben erwähnten Beobachtungen in Nizza. Prof. Holden bemerkt, dass man übrigens ähnliche Wahrnehmungen auf der Lick-Sternwarte schon 1890 gemacht habe, welche darauf hindeuteten, dass jene hellen Punkte Verlängerungen von Streifen (wahrscheinlich Wolkengebilde) in die Nachtseite des Planeten seien, doch ist die Entscheidung hierüber auch jetzt noch nicht zu geben.

Veränderungen der Oberfläche des Mars sind vielfach wahrgenommen worden, so besonders in der Polarzone, in den Gegenden östlich und nördlich vom Lacus solis und an anderen Stellen. Genaueres hierüber kann erst gegeben werden, wenn die Abbildungen aus den Beobachtungsbüchern veröffentlicht werden. In einzelnen Fällen blieben gewisse Oberflächenteile des Mars vom Juni bis August leidlich unveränderlich, allein ihre Gestalt und Färbung war sehr verschieden von derjenigen in den früheren Jahren. Bisweilen zeigten sich nur Veränderungen der Gestalt allein oder der Farbe allein, in wenigen Fällen erstreckte sich der Wechsel auf beide.

Bis Mitte August sind verschiedene der Kanäle des Mars, welche Schiaparelli gefunden, ebenfalls gezeichnet worden. Keiner derselben erschien jedoch doppelt, bis in der Nacht des 17. August Schaeberle, Campbell und Hussey, unabhängig von einander, Zeichnungen anfertigten, auf denen der von Schiaparelli mit dem Namen Ganges bezeichnete Kanal doppelt erscheint. So hat also die Lick-Sternwarte die Entdeckung der Verdoppelung der Marskanäle, welche Schiaparelli 1881 machte, bestätigt, und damit sind alle Einwände, die von nicht gut unterrichteter Seite dagegen vorgebracht wurden, endgültig abgewiesen.

Prof. Holden spricht auf Grund der eigenen Beobachtungen seit 1875 seine Ansicht dahin aus, dass alle Veränderungen auf der Marsoberfläche, die wir kennen, durchaus nicht durch ähnliche Vorgänge auf der Erde erklärt werden können; die Erde biete dazu keinerlei Analogon. „Was haben wir auf der Erde,“ sagt er, „an die Seite zu stellen jenem Marssee, der bei Schiaparelli den Namen Fons Juventae führt, und welcher 1877 einfach erschien, 1879 unsichtbar war und im gegenwärtigen Jahre sowohl einfach als doppelt erschien? Die dunklen Flecke des Mars mögen Wasser und die rötlichen Land sein, wie aber können wir dann die schöngefärbten Gegenden im Hesperia oder Deucalionis Regio deuten? Sind sie ausgedehnte Untiefen, etwa wie die grossen Bänke von Neufundland? Sind sie festes Land oder Wasser? Würde ein Beobachter auf dem Mars, der die Erde in irgend einem früheren Zustande ihrer Existenz untersucht hätte, wohl eine solche Fülle von topographischen Veränderungen wahrgenommen haben, wie wir im gegenwärtigen Jahre, gar nicht zu reden von den Veränderungen zwischen einer und der nächsten Opposition!“ Das sorgsame Studium der genauen Zeichnungen von Schiaparelli und anderen führte auch

Holden zu der Überzeugung, dass einer vollständigen Erklärung der Vorgänge auf dem Mars mit Hilfe unserer Erfahrungen auf der Erde die allergrössten Schwierigkeiten entgegenstehen.

Schiaparelli hat in Mailand ebenfalls wichtige Beobachtungen am Mars machen können, obgleich er bei der diesmaligen Opposition nicht sehr vom Wetter begünstigt war. Er fand u. a., dass das Mare Sirenum, welches 1877 nur einen Ausfluss in den Sinus Aonius besass, nunmehr in zwei kleinere Meere zerfallen ist, von denen jedes seinen besonderen Ausfluss besitzt. Auch das Mare Adriaticum zeigt grosse Veränderungen, und Deucalionis Regio erschien mit Noachis-Argyre durch ein Festland verbunden, so dass das Mare Erythraeum nun fast vollständig abgeschlossen ist.

Beobachtungen des Mars hat seit Jahren auch Dr. Lohse in Potsdam angestellt und die Ergebnisse seiner Untersuchungen veröffentlicht[1]). Als Instrument diente der Refraktor von 298 *mm* Öffnung, doch gelang es nicht, mit demselben die zahlreichen feinen Wahrnehmungen Schiaparelli's zu verifizieren. Zunächst giebt Dr. Lohse seine Positionswinkelmessungen des nördlichen Polarfleckes in den Oppositionen von 1883—88; darauf teilt er die Beobachtungen über die Oberflächengebilde des Mars mit und giebt schliesslich eine kartographische Darstellung der nördlichen Marshemisphäre aus seinen Beobachtungen seit 1884. Die zahlreichen Zeichnungen, welche Dr. Lohse angefertigt, zeigen den Mars, so wie ihn auch andere grosse Instrumente darstellen, von den Feinheiten der Schiaparelli'schen Abbildungen dagegen keine Spur. Es ist dies offenbar den weniger günstigen atmosphärischen Zuständen zu Potsdam und dem für Marsbeobachtungen nicht sonderlich geeigneten Instrumente zuzuschreiben.

Die Jahreszeiten auf dem Planeten Mars hat Flammarion mit denjenigen unserer Erde verglichen und kommt zu folgenden Schlüssen:

1. Die Schneezonen um die Pole des Mars verändern sich nach den Jahreszeiten, sie erreichen ihre grösste Ausdehnung 3 bis 6 Monate nach dem Wintersolstitium (dem kürzesten Tage) jeder Hemisphäre und sind am kleinsten 3 bis 6 Monate nach dem Sommersolstitium (dem längsten Tage) derselben.

2. Auf beiden Marshemisphären erreichen die Polarflecke im Winter einen Durchmesser von 45^0 bis 50^0, im Sommer ziehen sie sich auf einen solchen von 4^0 bis 5^0 zusammen. Wir sind nicht in der Lage, daraus auf die Wirkungen der Exzentrizität der Marsbahn zu schliessen, dazu würden vollständigere Beobachtungen erforderlich sein.

3. Ausserhalb der polaren Eiszonen sind auf dem Mars Schneefelder auch in den gemässigten Regionen beobachtet worden und bisweilen sogar bis zum Äquator hin. Man hat auf der nördlichen

[1]) Publikationen des Astrophysik. Observatoriums in Potsdam 8. 2.

Hemisphäre spiralförmig vom Pole herkommende Züge bemerkt, welche auf atmosphärische Strömungen deuten, die durch die Rotationsbewegung des Mars beeinflusst werden.

4. Die nördliche Polarkalotte scheint zentrisch zum Marspole zu liegen, die südliche ist vom Südpole etwa 5.4° oder 340 *km* mit ihrem Zentrum entfernt, und dieses liegt in 30° areozentrischer Länge. In der Epoche des Minimums dieses Polarfleckes ist der Pol völlig frei.

5. Die Klimatologie des Mars hat die grösste Ähnlichkeit mit derjenigen unserer Erde, ja die Verhältnisse dort scheinen noch günstiger. Die Entfernung von der Sonne, die Dünnheit seiner Atmosphäre, welche der geringen Masse des Planeten entspringt, werden durch günstigere physikalische Verhältnisse, als bei uns vorherrschen, kompensiert.

6. Die Theorie der säkularen Variation der irdischen Klimate, welche auf die Exzentrizität der Erdbahn basiert ist und von Adhémar und James Crell vertreten wird, findet in den Untersuchungen am Mars keine Unterstützung. Die Exzentrizität der Marsbahn ist $5^1/_2$ -mal grösser als die heutige der Erdbahn, und diese letztere kann jene an Grösse niemals erreichen. Demnach bietet Mars ein ausgezeichnetes Beispiel zur Kontrolle. Gerade ist es auch seine südliche Hemisphäre, welche im Perihele ihre Sommerzeit und ihren Winter beim Aphelium der Bahn hat, für die wärmere und kürzere Sommer und längere und kältere Winter eintreten. Die Adhémar'sche Theorie nimmt nun an, dass der Südpol von Jahr zu Jahr mehr erkaltet, weil er bei der Erde wenigstens 8 Tage weniger Sommer im Jahre hat. Für den Mars beziffert sich dieser Unterschied auf 76 Tage. Man könnte in der That glauben, dass der kürzere Sommer nicht ausreicht, um völlig die Eismassen, die sich während des Winters am Südpole gebildet haben, zu schmelzen; allein dies ist in Wirklichkeit nicht der Fall: die südliche Polarkalotte wird in ihrem Sommer ebensowohl völlig geschmolzen, wie die nördliche in dem ihrigen. Es bleibt von ihr nur ein Rest von 120 *km* Grösse, der exzentrisch gegen den Pol und vielleicht auf einer Insel liegt.

7. Wie bei der Erde, so findet auch für Mars das südliche Solstitium in der Nähe des Perihels statt. Der halbe Umlauf der Apsidenlinie der Erde vollzieht sich in 10500 Jahren, und das südliche Sommersolstitium, also das nördliche Wintersolstitium fiel mit dem Perihele zusammen im Jahre 1248 unserer Zeitrechnung. Für den Mars beläuft sich jene halbe Umlaufsdauer der Apsiden auf 9866 seiner Jahre. Von dieser Zeit sind (1881) seit der letzten gleichen Position der Jahreszeiten 4236 Marsjahre verflossen, und es bleiben also noch 5632 bis zur nächsten. Gegenwärtig tritt das Sommersolstitium der südlichen Marshemisphäre 36 Tage nach dem Perihele ein in 357° heliozentrischer Länge, die Länge des Perihels ist 334°.

8. Die Kälte im Winter des südlichen Marspoles muss beträchtlich grösser sein als die des irdischen Poles. Die Polarnacht dauert dort

338 Tage, während sie bei uns nur $182\frac{1}{2}$ Tage dauert, und ausserdem ist die Marsatmosphäre weniger dicht als die irdische Lufthülle. Dennoch ist in einigen Monaten nach dem Sommersolstitium der Schnee auf dem Mars geschmolzen. Dieses Schmelzen der Eismassen könnte man für den Südpol des Mars Meeresströmungen analog unserem irdischen Golfstrome zuschreiben, allein diese Erklärung passt nicht für die nördliche Marshemisphäre, da dort kein offenes Meer vorhanden ist. Wir haben Grund, anzunehmen, dass auf dem Mars weniger Wasser und weniger Wasserdampf vorhanden ist als auf der Erde, ebenso weniger Wolken und weniger Schnee, und dass die polaren Eismassen dort weniger mächtig sind als bei uns. Vielleicht auch genügt die Dauer des Sommers, die doppelt so lang ist, als die irdische, um alles Eis zu schmelzen. Für die Erzeugung neuen Eises giebt es dort Grenzen, während die Sonne fast ein ganzes Jahr über dem Horizonte jedes Marspoles verbleibt.

Jupiter.

Beobachtungen des Planeten Jupiter 1890 auf der Lick-Sternwarte. Während des Jahres 1890 hat E. Barnard den Jupiter am 12-zolligen Refraktor in 49 Nächten aufmerksam untersucht. Besondere Aufmerksamkeit verwandte er dabei auf eine Anzahl kleiner schwarzer Flecken, welche ungefähr in 13° nördl. Br., nahe dem nördlichen Rande des grossen Äquatorialstreifens zerstreut stehen. Er sah dieselben zuerst am 26. April jenes Jahres; sie waren völlig schwarz und rund, etwa 1″ im Durchmesser, und glichen sehr dem Schatten der Monde. Später wurden sie in den besten Momenten als von dunkel rötlicher Farbe gesehen, und schliesslich erschienen sie länglich in der Richtung des Äquators und im Verhältnisse von 1 : 2. Einige davon schienen innig vergesellschaftet mit einer Anzahl von sehr eigentümlichen rötlichen Hervorragungen, ähnlich einem Pferdeschweife, welche vom Nordrande der Äquatorialzone ausgingen und etwa 30° weit reichten. Mit diesen hatten die dunkeln Flecke wesentlich dieselbe Rotationsdauer, einige 10 Sekunden rascher als der grosse rote Fleck. Bei der ersten Entdeckung lagen zwei der dunklen Fleckchen gerade nördlich von dem roten Flecke und standen etwa 8″ bis 10″ von einander. Im ganzen wurden 6 dieser Flecke gesehen und von Barnard mit den Ziffern 1 bis 6 bezeichnet. Zur Untersuchung, ob diese Objekte eine Veränderung ihrer gegenseitigen Lage zeigten, eigneten sich besonders die Fleckchen 1 und 2, und es wurde mikrometrisch während der Opposition des Jupiter ihre Entfernung von einander und vom Rande des Planeten gemessen. Es ergab sich aber keine sichere Änderung ihrer gegenseitigen Positionen.

Ausserdem zeigte sich eine Anzahl von kleinen weissen Fleckchen in der südlichen Hemisphäre, rund, etwa 1″ bis 2″ im Durch-

messer und sehr ähnlich den Monden, wenn dieselben vor der Jupiterscheibe stehen. Nach den Beobachtungen von Barnard haben diese hellen Flecke nur eine kurze Existenz; sie treten als gut bestimmte, deutliche Flecke auf, werden dann allmählich schwächer und verschwinden gleich einer sich auflösenden Wolke, von der sie auch wahrscheinlich Analoga sind. Was den langen dunklen Fleck, der in der Jupiterzeichnung von Keeler südlich vom roten Flecke erscheint, anbetrifft, so scheint es, dass derselbe beim Passieren des letzteren eine Veränderung erlitten hat. Zuerst erschien er mehr als Teil der dunklen Region, in welcher die weissen Flecke erscheinen, und war von zwei dieser Flecke umsäumt. In dem Masse, als er sich dem roten Flecke näherte, wurde er dunkler und nahm mehr die Gestalt eines ziemlich gut begrenzten Streifens an. Was den roten Fleck anbelangt, so hat derselbe, nachdem er mehrere Jahre sehr schwach gewesen, sein charakteristisches Aussehen aus den ersten Jahren seines Auftauchens wieder angenommen; auch 1891 ist er noch sehr bestimmt. Während des Jahres 1890 war das voraufgehende Ende immer schwieriger zu sehen als das nachfolgende, und eine helle Wolke schien über dem mittleren Teile zu ruhen. Seine Länge zur Zeit, wenn er mitten auf der Scheibe stand, betrug 10.0″ bis 10.6″. Bezüglich der diskutierten Frage, ob der dunkle südliche Streifen den südlichen Teil des roten Fleckes bedeckt habe, ist Barnard, in Übereinstimmung mit Keeler, der Ansicht, dass dies zu keiner Zeit der Fall gewesen sei. Vielmehr hat der grosse Fleck stets sozusagen gleichsam eine abstossende Kraft auf die übrigen Flecke der Oberfläche ausgeübt; sie gingen gewissermassen um ihn herum.

Während des Jahres 1890 hat Barnard verschiedene Durchgänge des 3. und 4. Jupitermondes beobachtet, in denen diese Monde dunkel, resp. schwarz erschienen.

Am 13. August 1890 zeigte sich der 4. Mond vor der Scheibe bemerkenswert tief schwarz, selbst bei der besten Luft war er völlig schwarz und rund. Am 2. September erschien der 3. Mond schwarz, am 9. September ebenfalls. Beim Eintritte in die Scheibe $7^h\ 24^m$ war er weisser als irgend ein Teil der Jupiteroberfläche, $7^h\ 34^m$ blass, aber noch deutlich zu sehen, $7^h\ 37^m$ noch eben merklich als grauer Fleck, $7^h\ 41^m$ höchst schwach (ein kleiner dunkler Fleck folgt unmittelbar), $7^h\ 44^m$ ist er schmal und dunkel, $7^h\ 49^m$ völlig dunkel und sehr klein; $7^h\ 56^m$: der Satellit ist schwarz und etwas kleiner als einer der beiden schwarzen Flecke 1 und 2; $9^h\ 34^m$: er ist noch sehr dunkel, aber nicht so schwarz gewesen als der 4. Mond bei seinem Durchgange am 13. August. Er ist grösser und dunkler als irgend eines der kleinen dunklen Fleckchen. Barnard giebt einige Skizzen vom Aussehen des 4. Mondes vor seinem Austritte beim Vorübergange am 13. August 1890. Bei dieser Gelegenheit schien es, als habe dieser Mond ein dunkles Fleckchen hinter sich, welches scheinbar stehen blieb und kleiner wurde, während der Mond austrat.

Am 8. September 1890 sah Barnard den 1. Mond bei seinem Vorübergange länglich in einer Richtung senkrecht zu den Streifen des Jupiter. Mit starken Vergrösserungen (500- u. 700-fach) und vollkommen guter Definition erschien der Satellit völlig doppelt und die beiden Komponenten deutlich getrennt. Auf Barnard's Ersuchen untersuchte auch Burnham den Mond und sah die gleiche Erscheinung. Die Distanz der Zentren beider Bilder war etwa 1″, der südliche Fleck war sichtlich kleiner. Zur Erklärung der Erscheinung giebt es nach Barnard nur zwei Annahmen, entweder dass der Satellit wirklich doppelt ist, oder dass er einen hellen Mittelstreifen besitzt, parallel den Jupiterstreifen. Die Verlängerung der Scheibe dieses Satelliten, welche sich bei seinem Durchgange am 3. August 1891 zeigte, wo der Winkel der Elongationsrichtung ungefähr 90° von jener am 8. September verschieden war, spricht für die letztere Erklärung. Zur Illustrierung derselben hat Barnard eine Zeichnung entworfen, welche das Aussehen des betreffenden Mondes an den beiden Abenden nebst der Deutung desselben vorstellt. Die Figur links oben zeigt den Satelliten bei seinem Durchgange als doppelt auf dem hellen Äquatorialstreifen Jupiters am 8. September 1890, weil der helle Streifen von dem hellen Grunde nicht unterschieden werden konnte. Ein hinreichend mächtiges Teleskop hätte den Mond so gezeigt, wie er rechts daneben gezeichnet ist. Die Abbildung darüber zeigt denselben Mond, als er am 3. August 1891 über den dunklen Streifen des Jupiter hinwegging; jetzt sah man umgekehrt nur seinen hellen Äquatorialstreifen, aber nicht die dunklen Polarkalotten. Hält man die Zeichnung 5 bis etwa 6 Fuss vom Auge, so gewinnt man den richtigen Eindruck. Genaue fernere Beobachtungen an mächtigen Instrumenten unter den geeigneten Umständen werden mit absoluter Gewissheit über diese Erklärung entscheiden können.

Während einer Zeit von 12 Jahren hat Barnard niemals Gelegenheit gehabt, einen Satelliten durch den Rand des Jupiter schimmern zu sehen, wenn dieser Satellit hinter den Planeten trat. Von anderen Beobachtern ist verschiedentlich etwas Ähnliches angeblich gesehen worden, allein trotz aller Mühe konnte Barnard niemals Zeuge dieser Erscheinung werden, obgleich er bei vielen Gelegenheiten danach sah. Wahrscheinlich beruhen die Angaben der anderen Beobachter auch nur auf Täuschung bei Anwendung weniger mächtiger oder vollkommener Ferngläser.

Über die Beschaffenheit der Jupiteroberfläche spricht sich nach 12-jährigen Beobachtungen neuerdings Barnard dahin aus, dass er die vielfach ausgesprochene Meinung, die sichtbare Oberfläche dieses Planeten sei wolkenförmiger Natur, nicht teilen kann [1]). Seiner Ansicht nach stimmt man mehr mit den beobachteten Erscheinungen überein, wenn man annimmt, dass diese Ober-

[1]) Monthly Notices 52. Nr. 1. p. 16.

fläche in einem plastischen oder teigartig weichen Zustande sich befindet, und dass die Streifen und Flecke Farbenveränderungen zuzuschreiben sind, welche durch innere Eruptionen verursacht werden. Dies würde seiner Meinung nach die einfachste Erklärung der grossen Beständigkeit zwischen Flecken und ihrer Färbung sein, eine Beständigkeit, die mit der Voraussetzung von Wolken unvereinbar ist. Nimmt man die neue Hypothese an, so kann man dagegen leicht die dunklen Flecke erklären durch Materie, welche von inneren Kräften an die Oberfläche gebracht wird und dort Veränderungen der Gestalt und Farbe erleidet. Vielleicht kann man beide Hypothesen verbinden, und es finden lokale Dampfentwickelungen über den Ausbruchsstellen statt, was wohl noch am wahrscheinlichsten sein dürfte.

Farbenänderungen der Flecke auf der Jupiterscheibe. Barnard teilt mit[1]), dass während seiner 12-jährigen Beobachtungen des Jupiter er oft von den verschiedenen Farbenänderungen der Flecke desselben betroffen worden sei. Ein sorgfältiges Studium zahlreicher einzelner Fälle habe ihn zu der Entdeckung geführt, dass die rote Färbung irgend eines Jupiterfleckes als Zeichen seines Alters aufzufassen sei. Mit anderen Worten: Wenn ein Fleck (abgesehen von den weissen Flecken) sichtbar wird, so ist er zuerst dunkel oder schwarz, und erst nach einiger Zeit wird er rötlich. So war z. B. der bemerkenswerte Fleck, welcher 1880 auf der nördlichen Hemisphäre des Jupiter erschien, zuerst im Oktober und November schwarz und endigte seine Laufbahn damit, dass er zu einem rötlichen Streifen rings um den Jupiter wurde. Die kleinen tintenschwarzen Flecke, welche 1890 am Nordrande des Äquatorialstreifens erschienen, wurden allmählich rötlich und sind jetzt die rotesten Objekte auf der ganzen Jupiterscheibe. Der neue rote Fleck, welcher im gleichen Parallel liegt mit dem südlichen Rande des grossen roten Fleckes und diesem in etwa 140° folgt, war in der ersten Hälfte des August 1890, als Barnard ihn zuerst sah, dunkel, ohne jede Spur von Rot; heute ist er von tiefroter Farbe. Barnard war natürlich begierig, zu erfahren, ob die angegebene Regel auch bei dem grossen roten Flecke in den ersten Stadien seines Auftretens zutreffend gewesen sei. Als er ihn zuerst sah, 1879, war er bereits rot und blieb so, ausgenommen während der Jahre, wo er von weissen Wolken verdeckt wurde. Glücklicherweise fanden sich von dem grossen Flecke mehrere Beobachtungen aus dem Jahre 1872, und sie bewiesen, dass auch er keine Ausnahme von der Regel bildet. Corder sagt, indem er von seiner Beobachtung dieses Fleckes am 13. März 1872 spricht: „Seine Farbe wurde nicht als rot notiert.“ Terby bestätigte diese Bemerkung, indem er von seiner Beobachtung am 28. Januar 1872 sagt: „Ich möchte noch bemerken, dass ich wie Herr Corder keine bestimmte Färbung an diesem Flecke unterscheiden konnte. Ich sah ihn meist

[1]) Monthly Notices 52. Nr. 1. p. 6.

als dunklen Fleck, grau oder schwarz, mit dem nämlichen Instrumente, welches mir heute die rote Farbe dieses Objektes so deutlich zeigt.“ Barnard glaubt, dass der Fleck 1872 noch nicht viele Monate alt war, gemäss den Wahrnehmungen seiner dunklen Farbe. Die oben genannte Regel scheint auch auf die äquatorialen Streifen anwendbar; die dunkleren Teile derselben sind höchst wahrscheinlich neue oder jüngere Bildungen.

Untersuchungen über die Figur des Planeten Jupiter hat Prof. W. Schur angestellt[1]), hauptsächlich, um zu ermitteln, ob die in verschiedenen Richtungen gegen die Umdrehungsachse bestimmten Durchmesser sich mit der Voraussetzung eines elliptischen Querschnittes vereinigen lassen. Die Beobachtungen wurden an 5 Tagen des September 1891 mittels des Heliometers der Göttinger Sternwarte angestellt und ergaben, dass in der That der Umriss der Jupiterscheibe als Ellipse zu betrachten ist. Als Endresultat fand sich für die mittlere Entfernung des Jupiter: Äquatorialdurchmesser 37.428″, Polardurchmesser 35.020″, Abplattung 1 : 15.54.

Die Gestalten der Jupitermonde. J. M. Schaeberle und W. W. Campbell haben gelegentlich ihrer Beobachtungen der Flecke auf dem dritten Jupitermonde im August, September und Oktober 1891 am 36-Zoller der Lick-Sternwarte die Wahrnehmung gemacht, dass der erste Jupitermond nicht rund erschien. Sorgfältige Untersuchungen aller Jupitermonde an verschiedenen Abenden führten sie dann zu der Überzeugung, dass der erste Jupitertrabant ellipsoidisch, und seine grosse Achse gegen den Mittelpunkt Jupiters gerichtet ist, während die übrigen Monde kugelförmig erscheinen. Folgendes ist das Detail ihrer Wahrnehmungen[2]):

6. September 1891. Luft sehr gut. (Der Spiral- oder Doppelring des Nebels im Drachen, G.-K. 4373, zeigte sich prachtvoll unter allen Vergrösserungen bis zu 3000-fach.) Trabant 1 erschien länglich im Positionswinkel 70° und 250°, im Verhältnis von 5 : 4. Der 1., 2. und 4. Mond wurde in dieselbe Richtung gebracht ohne Veränderung der Okularstellung und Vergrösserungen bis zu 3000-fach angewandt. Vergrösserung 2000 gab die besten Bilder. Der Mond 1 erschien entschieden elliptisch, 2 und 4 waren rund. Als der 3. Mond nach der Verfinsterung, in der er sich gerade befand, sichtbar wurde, erschien auch er rund.

16. September 1892. Luft 3. Die stärkste Vergrösserung war 1000-fach. Der 1. Mond erschien entschieden länglich, 3 und 4 in einer Richtung parallel dem Jupiteräquator, die Teile gegen Jupiter hin waren sehr hell. Mond 3 war rund, aber eine sehr helle Stelle an seinem nordöstlichen Rande gab ihm bei schlechten Bildern den Anschein einer Verlängerung, in der Richtung 30°—210° mit bezug auf Jupiters Polarachse. Dies erklärt wahrscheinlich die von Secchi

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3073.
[2]) Publ. Astron. Soc. of the Pacific 3. p. 355.

beobachtete Elliptizität dieses Trabanten. Mond 4 war rund, der Teil gegen Jupiter hin heller.

20. September **1891.** Luft **2.** Während der **1.** Mond im Vorübergehen vor der Jupiterscheibe war, nahe dem Austritte, erschien er rund oder sehr nahe so. Sein Schatten war ähnlich rund oder nur leicht länglich während der ganzen Zeit. Vergrösserungen über **700**-fach konnten der schlechten Luft wegen nicht angewendet werden. Nach dem Austritte war Mond **1** sicherlich länglich, aber nicht so sehr als bei früheren Gelegenheiten. Mond **2** war rund oder nur schwach länglich, **3** und **4** erschienen rund.

26. September **1891.** Luft **4.** Mond **1** erschien entschieden länglich in der Richtung des Jupiteräquators, aber weniger, als wenn er nahe der Quadratur steht. Die hellen Regionen auf demselben traten nicht sehr hervor. Mond **2** war entweder vollkommen rund oder nur etwas länglich, **3** und **4** waren völlig rund. Die nordöstliche Polarkalotte auf **3** war kaum sichtbar. Vergrösserung **700**- und **1000**-fach.

27. September **1891.** Luft **3.** Vor und nach dem Durchgange war der **1.** Mond sicher länglich, aber augenscheinlich nicht so sehr als nahe seiner Quadratur. Während des sichtbaren Teiles seines Vorüberganges über die Jupiterscheibe erschien er konstant länglich in der Richtung des Jupiteräquators; nach dem Mittelpunkte der Scheibe war er dagegen immer rund. Um **10**^{h} **27**^{m}, gerade nach dem Austritte, war er länglich im Verhältnisse **2** : **1**, und zwei Lichtkondensationen auf ihm gaben ihm den Anschein, als sei er doppelt. Der Schatten von **1** war länglich, im Verhältnisse von **3** : **2**, gerade nach dem Austritte des Mondes, nahe dem Zentrum, erschien er nur schwach länglich. Mond **2** war sehr wenig länglich in einer Richtung rechtwinklig zum Jupiteräquator. Die Monde **3** und **4** erschienen rund.

4. Oktober **1891.** Luft **3.** Vor und nach dem Vorübergange war Mond **1** sicherlich länglich. Während des Vorüberganges variierten die Verlängerungen des Mondes und seines Schattens zwischen $1^1/_2$: 1 und $1^3/_4$: 1, gerade nach dem Eintritte, nahe dem Zentrum des Jupiter erschienen sie rund. Mond **2** schien länglich, **5** : **4** in der Richtung 15°—195° mit bezug auf Jupiters Polarachse, eine sehr helle Region wurde am südlichen Ende dieses Mondes gesehen. Die Monde **3** und **4** waren rund.

17. Oktober **1891.** Luft **3** und **4.** Bei besten Bildern erschien Mond **1** länglich, seine äquatorialen Regionen ziemlich hell. Mond **2** war thatsächlich rund, hell in seinem südlichen Teile. Die Monde **3** und **4** waren rund, und der südöstliche Rand von **3** erschien hell.

18. Oktober **1891.** Luft **2.** Mond **1** war sehr merklich länglich, die äquatorialen Enden erschienen hell. Mond **2** zeigte sich ein wenig länglich, sein südlicher Rand war sehr hell, der nördliche hell. Mond **3** erschien rund, bei schlechten Bildern dagegen läng-

lich in der Richtung 25°—205° mit bezug auf Jupiters Polarachse, wahrscheinlich infolge des hellen Südostrandes. Mond 4 war rund.

23. Oktober 1891. Luft 3 und 4. Mond 1 erschien offenbar länglich bei guten Bildern, der vorangehende und der folgende Rand waren sehr hell. Vergrösserung 1000-fach. Mond 2 erschien augenfällig länglich, zu Zeiten, aber bei besten Bildern völlig rund, ebenso Mond 3. Mond 4 war auch rund und sein Schatten nahezu rund, von einem Hofe umgeben.

24. Oktober 1891. Luft 2, 3 und 4. Mond 1 länglich, 5 : 4. Mond 2 im Vorübergange begriffen, nahe dem Austritte rund, sein Schatten etwas länglich, mit Hof. Die Monde 3 und 4 sind rund.

Aus diesen Wahrnehmungen, sagen die Beobachter, ergiebt sich, dass die scheinbaren Gestalten der Satelliten in hohem Grade durch die hellen Teile ihrer Oberfläche beeinflusst werden, besonders bei schlechter Luft. Alles in Betracht genommen, sind wir überzeugt, dass der erste Mond in einer Richtung nahezu parallel dem Jupiteräquator länglich ist, im Verhältnisse von 10 : 9 oder 5 : 4, wahrscheinlich sehr nahe dem letzteren, dass dagegen die anderen Monde kugelförmig sind. Die Verlängerung des Mondes 1 bestätigt die auf photometrischem Wege gewonnene Überzeugung, dass dieser Satellit in der gleichen Zeit Rotation und Umlauf vollendet Unter sonst gleichen Umständen muss das Maximum seiner Helligkeit, welches aus der ellipsoidischen Gestalt resultiert, eintreten, wenn dieser Mond in Quadratur steht.

Flecke auf dem 3. Jupitermonde. Der grosse Refraktor der Lick-Sternwarte ist auch von J. M. Schaeberle und W. W. Campbell mit ausgezeichnetem Erfolge zum Studium der Flecke auf der Oberfläche des 3. Jupitermondes benutzt worden [1]).

Am 24. August 1891 war die Luft auf Mt. Hamilton ungewöhnlich gut, und es konnte auf den 3. Jupitermond eine 2000-fache Vergrösserung angewandt werden. Er erschien vollkommen rund und mit so deutlichen Flecken an seiner Oberfläche, dass mehrere unabhängige Zeichnungen gemacht wurden, die völlig übereinstimmen. Zwei dunkle Streifen zeigten sich vor allem, durch eine hellere Zone von einander getrennt, und die nördliche Polarregion war viel heller als die übrigen Teile der Scheibe. Auch während der Monate September und Oktober konnten die Beobachtungen mit Erfolg fortgesetzt werden, und alle Teile der Oberfläche dieses Satelliten wurden gezeichnet. Aus ihnen ergiebt sich, dass drei dunkle Streifen diese Oberfläche kreuzen, von denen der südlichste der schwächste ist. Sie sind etwa 30° gegen den Jupiteräquator geneigt, so dass die Rotationsachse dieses Mondes einen ebenso grossen Winkel mit derjenigen des Jupiters bildet. Die Vergleichung der Zeichnungen lehrt ferner, dass dieser Mond in der nämlichen Zeit sich um seine Achse dreht, als er einen Umlauf um den Jupiter vollendet, wenigstens ist dies das

[1]) Publ. Astr. Soc. of the Pacific 3. Nr. 19. p. 359.

wahrscheinlichste Ergebnis daraus. Wenn man das Detail der Zeichnungen betrachtet und die Bemerkungen der beiden Beobachter damit in Beziehung setzt, so muss man gestehen, dass die früheren Wahrnehmungen anderer Astronomen an weit schwächeren Instrumenten über die Flecke auf dem |3. Jupitermonde wohl nur Täuschungen gewesen sein können.

Die Entdeckung eines fünften Jupitermondes ist Prof. Barnard auf der Lick-Sternwarte gelungen, und er berichtet über seine Entdeckung folgendes [1]).

„Am Freitag, den 9. September 1892, war meine Nacht, in welcher mir der 36-Zoller zur Beobachtung verfügbar blieb. Nachdem ich zuerst den Mars untersucht und die Position seiner Satelliten gemessen hatte, begann ich eine Untersuchung der unmittelbaren Umgebung des Jupiter. Gegen 12 Uhr ungefähr entdeckte ich einen feinen Lichtpunkt dicht dem Planeten folgend und nahe dem 3. Monde stehend, der sich seinem Durchgange näherte. Sogleich vermutete ich, das Lichtpünktchen könne ein unbekannter Satellit sein, und begann unmittelbar Positionswinkel und Distanz desselben vom 3. Monde zu messen. Für den Augenblick erschien dies als die einzig mögliche Art und Weise, die Position des Objektes zu sichern, denn sobald der kleinste Teil der Jupiterscheibe ins Gesichtsfeld trat, verschwand das Lichtpünktchen augenblicklich. Ich nahm zwei Messungen der Distanz und eine des Positionswinkels vor, aber der Anschluss an Jupiter konnte nicht gewonnen werden, denn einer der Mikrometerfäden war gebrochen, und der andere hatte sich gelockert. Bevor es möglich war, irgend etwas anderes zu thun, verschwand das Lichtpünktchen in dem hellen Scheine, der den Jupiter umgab. Ich war indessen durch den Umstand, dass das Objekt nicht hinter dem Jupiter bei dessen Bewegung zurückgeblieben war, überzeugt, dasselbe sei ein Satellit. Mit Sorgfalt untersuchte ich nun den vorangehenden Rand des Planeten, um das Hervortreten des Satelliten zu erkennen, allein bis zum Tagesanbruche konnte nichts gesehen werden. Obgleich überzeugt, dass ein neuer Mond des Jupiter gefunden sei, riet doch die äusserste Vorsicht dazu, eine sorgfältige Bestätigung abzuwarten, ehe eine öffentliche Ankündigung der Entdeckung erfolgte.

Die folgende Beobachtungsnacht am 36-Zoller gehörte Prof. Schaeberle, doch trat er mir dieselbe freundlichst ab, und kurz vor Mitternacht wurde der neue Mond wiedergesehen, als er sich von dem nachfolgenden Rande des Planeten rasch entfernte. An diesem Morgen hatte ich neue Fäden im Mikrometer eingezogen und begann nun eine Reihe sorgfältiger Positionsbestimmungen des Satelliten. Es ergab sich, dass der letztere in 36″ Distanz vom Jupiterrande stationär wurde, dann, nachdem er in dieser Lage kurze Zeit verblieben, näherte er sich rasch dem Jupiter und verschwand in dem

[1]) Astronomy and Astrophysics Nr. 108.

diffusen Scheine nahe dem Rande des Planeten. Die so rasch als möglich wiederholten Messungen um die Zeit der Elongation des neuen Mondes, lieferten die Mittel zur näherungsweisen Bestimmung seines Umlaufes. Wegen der so grossen Nähe des Trabanten beim Jupiter ist es schwierig, etwas über seine Grösse zu sagen. Alles in allem berücksichtigend, möchte ich ihn vorläufig zur 13. Grössenklasse schätzen. Ich hoffe, die Frage definitiv später dadurch beantworten zu können, dass ich einige kleine Sterne nahe bei Jupiter beobachte und deren Grösse später, wenn der Planet nicht mehr in der Nähe steht, bestimme. Bis dahin dürfen wir annehmen, dass der neue Mond einen wahren Durchmesser von nicht mehr als 100 Miles besitzt oder wahrscheinlich noch weniger. Sorgfältige spätere Messungen zeigten, dass die Bahnebene des 5. Mondes merklich mit der Ebene des Jupiteräquators zusammenfällt; der neue Mond ist also nicht etwa ein jüngerer Zuwachs zur Jupiterfamilie, da zweifellos Zeitalter dazu gehören müssten, um die Bahnebene desselben mit der des Jupiteräquators zum Zusammenfallen zu bringen, wenn der Mond eine Eroberung Jupiters wäre.

Der Beobachtungszeitraum ist noch nicht lang genug, um eine genaue Bestimmung der Umlaufsdauer des neuen Satelliten zu ermöglichen. Es scheint, dass die Dauer von $11^h\ 49.6^m$ sich nicht sehr von dem wahren Werte der Umlaufszeit entfernen wird. Nach allem Angeführten ist augenscheinlich, dass der neu entdeckte Mond des Jupiter nur an den mächtigsten Teleskopen der Erde gesehen werden kann."

Prof. Young teilt mit[1]), dass dieser 5. Mond auch mit dem 23-zolligen Refraktor zu Princeton am 10. und 11. Oktober beobachtet werden konnte, und dass seine Umlaufszeit sich hiernach auf $11^h\ 57.0^m \pm 0.2^m$ stellte. Nach seiner Meinung könne unter günstigen Verhältnissen dieser Satellit mit einem 20-zolligen Refraktor gesehen werden.

Saturn.

Barnard berichtet[2]) über die am Lick-Observatorium 1891 gelegentlich des Wiedererscheinens der Ringe angestellten Beobachtungen. Die Verhältnisse waren dieses Mal etwas günstiger als beim Verschwinden der Ringe 1878. Der Planet befand sich nun am Morgenhimmel, $2^1/_2$ Stunden westlich von der Sonne und in $3^1/_2{}^0$ nördlicher Deklination. Aus Prof. Hall's wertvoller Arbeit über den Saturn wissen wir, dass beim Verschwinden der Ringe 1878 dieselben auch für den Washingtoner 26-Zoller völlig unsichtbar wurden, ausser wo sie sich auf der Kugel des Planeten projizierten. Seit dem Heraustreten des Saturn aus den Strahlen der Morgensonne hat

---

[1]) Astronomy und Astrophysios Nr. 109, p. 840.
[2]) Monthly Notices 52. Nr. 6.

Barnard denselben wiederholt am 12-Zoller und bei zwei Gelegenheiten auch am 36-Zoller sorgsam untersucht. Bis zum 29. Oktober war es niemals auch bei der besten Luft möglich, die geringste Spur der Ringe auf dem Himmelsgrunde zu entdecken, doch zeigten sie sich als sehr schwarzes Band vor der Kugel des Saturn und teilten diese anscheinend in zwei Hälften. Am 22. Oktober wurde Saturn sehr sorgfältig am 36-Zoller untersucht, aber auch in diesem Instrumente war der Ring unsichtbar. Die Beobachtungen geschahen von 17^h 15^m bis 18^h 15^m Normal-Pacific-Zeit (8^h hinter Greenwicher Zeit). Die Projektion des Ringes auf der Kugel war völlig schwarz, die Ränder erschienen scharf und frei von Unregelmässigkeiten, und keine Spur des Crapringes war zu erkennen. Der südliche Rand des schwarzen Striches war leicht konvex. Auf der Kugel des Saturn war nur ein Streifen sichtbar, und zwar etwa 3″ südlich vom Ringe. Barnard hat sorgsam die Breite der Projektion des Ringes mitten auf der Scheibe gemessen und findet sie zu 0.51″. Die Mitte des schwarzen Striches fand sich vom Nordrande der Kugel 7.40″ entfernt, vom Südrande 6.56″. Zur Zeit dieser Beobachtung stand die Erde 1^0 36′ nördlich über der Ringebene, die Sonne 0^0 8′ südlich davon.

Am 26. Oktober bei fast vollkommen guter Luft wurde Saturn mit dem 12-zolligen Refraktor untersucht. An 150-, 175- und 500-facher Vergrösserung wurde wiederum keine Spur der Ringe ausserhalb der Kugel des Planeten gesehen. Bei dieser Gelegenheit aber machte Herr Barnard eine Wahrnehmung, welche für die Beobachtungen zur Zeit des Verschwindens der Ringe interessant ist. Sah er nämlich scharf auf den schwarzen Strich vor der Kugel des Saturn und blickte hierauf ausserhalb derselben, so glaubte er dort den Ring als feine, matte Lichtlinie auf dem Himmelsgrunde einen Augenblick wahrzunehmen. Es blieb dem Beobachter aber kein Zweifel, dass es sich hier nur um eine optische Täuschung handelte, um ein sogenanntes Nachbild, wie man solches z. B. wahrnimmt, wenn man aus einem mehr oder weniger dunklen Raume auf ein helles Fenster blickt und dann das Auge auf eine dunkle Stelle richtet. Man erblickt dann das dunkle Fensterkreuz hell und die helle Fensterfläche dunkel. Die Beobachtung Barnard's ist geeignet, zu erklären, warum manche früheren Beobachter den Saturnring zur Zeit seines Verschwundenseins doch noch schwach zu sehen glaubten, während in Wirklichkeit keine Spur des Ringes sichtbar war.

Am 27. Oktober wurde Saturn mit dem 12-zolligen und mit dem 36-zolligen Refraktor beobachtet. Um 17^h mittlerer Zeit von Mt. Hamilton zeigte das grosse Teleskop die Ringe leicht und betimmt als feinen Lichtfaden rechts und links neben der Saturnskugel. Es war jedoch nicht möglich, diese Lichtfäden bis unmittelbar an die Kugel zu verfolgen, vielmehr blieb bis zu dieser ein dunkler Raum von etwa 2″. Die Lichtlinien würden verlängert den Planeten

etwas nördlich vom Nordende des schwarzen Striches vor der Kuge getroffen haben. Die Breite dieses schwarzen Striches fand sich jetzt zu 0.65″. Um 17^h 30^m untersuchte Barnard den Planeten am 12-Zoller. Die Ringe, obgleich fein, waren auch in diesem deutlich sichtbar, doch weniger augenfällig als am grossen Refraktor. Zu dieser Zeit stand die Erde 1° 58′ nördlich über der Ringebene, die Sonne dagegen genau in derselben, gemäss den Ephemeriden. Folgende Bemerkungen wurden während der Beobachtungen gemacht:

29. Oktober. Der Ringhenkel, der dem Planeten folgt, scheint heller als der andere. Zwei kleine Erhöhungen zeigen sich am Südrande, es sind vielleicht zwei Monde des Saturn. Keinerlei Flecke, weder helle noch dunkle, wurden während der Beobachtungen auf der Kugel des Saturn jemals gesehen. Die Beobachtungen mit den beiden Teleskopen während des Oktober bestätigen die Dünnheit, welche man den Ringen zuschreibt. Unter günstigeren Umständen der Beobachtung könnte möglicherweise der Ring im 36-Zoller sichtbar bleiben, aber beim Verschwinden im vorigen Jahre war dies nicht der Fall. Wahrscheinlich ist die Dicke der Ringe geringer als 50 englische Meilen.

Saturn und seine Ringe wurden auch beobachtet von William H. Pickering. Auf der provisorischen Sternwarte zu Arequipa hat derselbe (nicht zu verwechseln mit Prof. Edward Pickering in Cambridge) den Planet Saturn anhaltend verfolgt und darüber berichtet[1]). Er bemerkt, dass trotz der klarsten Luft und der grössten Bildschärfe der 13-zollige Refraktor am Saturn nichts gezeigt habe, was man zu Hause an einem 6-Zoller nicht auch sehen könne. An 1000-facher Vergrösserung bildete der Planet gleichwohl ein prachtvolles Objekt, jeder Streifen und Schatten war vollständig und scharf sichtbar, und er bot, abgesehen von der Lichtstärke, den gleichen Anblick im Teleskope, wie mit blossem Auge von einem seiner eigenen Monde. Dennoch wurde nichts Neues wahrgenommen, und kein weiteres Detail über das bekannte hinaus trat hervor. Der Planet scheint nur eine Art Wolkenmasse und, abgesehen von einigen schwach markierten Streifen, so strukturlos und uninteressant wie der Planet Venus. Keine Andeutung zeigt er von jenen raschen Strömungen und heftigen Ausbrüchen, welche auf die Wirkung innerer Hitze deuten, und die den Jupiter zu einem so interessanten Objekte für grosse Teleskope machen.

Die Oberfläche des Saturn wurde in 18 Nächten sorgsam studiert, aber man fand keine Spur jener Flecke, die Williams etwas früher gesehen haben will. Dieser muss in ungewöhnlicher Weise vom Glücke begünstigt gewesen sein, und es wäre wünschenswert, dass zukünftig, sobald Flecke auf dem Saturn oder der Venus sichtbar werden, telegraphisch die Astronomen davon benachrichtigt würden.

---

[1]) Astronomy and Astrophysics Nr. 108. p. 649.

Was die Satelliten des Saturn anbelangt, so zeigte Titan an 700-facher Vergrösserung eine deutliche, scharfe Scheibe, etwas dunkler als Saturn selbst. Am Abende des 9. Mai sah man plötzlich am nachfolgenden Rande des Saturn etwas nördlich über dem Ringe ein kleines halbkreisförmiges Scheibchen, welches sich bald als der Trabant Titan erwies, der hinter dem Planeten hervorkam. In etwa 3 Minuten nach der ersten Beobachtung war der Austritt vollendet, und ein schmaler schwarzer Zwischenraum trennte die beiden Objekte. Messungsversuche und Vergleiche mit der Dicke der Mikrometerfäden ergaben für den scheinbaren Durchmesser des Titan 0.7″, entsprechend einem wahren Durchmesser von 3000 Miles. Beobachtungen des Japetus ergaben dessen scheinbaren Durchmesser zu 0.4″ oder den wahren zu 1700 Miles, doch ist dieses Ergebnis unsicher. Tethys, Dione und Rhea erschienen kleiner und heller als Japetus, als letzterer im östlichen Teile seiner Bahn war, 2 Tage vor der Opposition. Da der angewandte Refraktor von 13 Zoll Öffnung einen geometrischen Lichtpunkt infolge der Diffraktion 0.3″ gross zeigt, so können natürlich die genannten kleinen Satelliten nicht mehr mit diesem Instrumente bezüglich ihrer Durchmesser gemessen werden, sondern erfordern ein Instrument von grösserer Öffnung. Indessen kann man diese Durchmesser näherungsweise aus der Dauer der Lichtabnahme während ihrer Verfinsterungen ableiten oder aus ihrer photometrischen Helligkeit unter Voraussetzung gleicher lichtreflektierender Kraft mit Saturn selbst. Es wurden auch Versuche gemacht, die Schatten der Satelliten auf der Saturnscheibe zu sehen, aber bis jetzt ohne Erfolg. Der geeignetste Satellit hierzu ist Titan, dessen Schatten 0.52″ im Durchmesser haben muss, doch kam unglücklicherweise kein geeigneter Durchgang dieses Trabanten während der Beobachtungszeit vor. Der nächstgeeignete Satellit ist Rhea, dessen Schatten 0.28″ gross sein muss, allein in der Nacht des 21. Mai und des 8. Juni, als dieser Satellit zentral vor der Saturnscheibe stand, war trotz aller Mühe und günstigster Luft selbst unter Anwendung von Vergrösserungen, die 450- bis 2100-fache waren, keine Spur des Schattens auf der Saturnscheibe zu sehen. Dieser Schatten ist jedenfalls ein höchst schwieriges Objekt.

Die Transparenz des Crapringes bei Beobachtung einer Verfinsterung des Saturnmondes Japetus am 1. November 1889. Barnard hat am 12-zolligen Refraktor der Lick-Sternwarte die Verfinsterung des Japetus am 1. November 1889 mit grossem Erfolge beobachtet und berichtet über die Ergebnisse derselben folgendes[1]): Die Beobachtung dieser Finsternis am 12-zolligen Äquatorial hat unsere Kenntnis über den Crapring des Saturn vielleicht mehr bereichert, als durch Beobachtungen in hundert Jahren in der gewöhnlichen Weise. Die Luft war klar und sehr günstig. Als Saturn sichtbar wurde, war Japetus schon im Schatten der Kugel und durch die

[1]) Astronomy and Astrophysics 1892. Nr. 102. p. 119.

erste Hälfte der Ringschatten hindurch. Nahe zu der voraus berechneten Zeit erschien er wieder, aus dem Schatten der Kugel heraustretend, in dem Sonnenscheine zwischen der Kugel und den Ringen. Er erreichte völlig seine normale Helligkeit und blieb so während $5^h\ 20^m$, dann nahm sein Licht ab während 1^h, und in dieser Zeit trat er in den Schatten des Crapringes und passierte denselben. Hierauf trat er in den Schatten der hellen Ringe und verschwand rasch. Nach einer grossen Anzahl von Vergleichungen der Helligkeit des Japetus mit zwei anderen Satelliten wurde später eine Kurve der Lichtveränderung gezeichnet, und diese lässt deutlich die Wirkung des Schattens vom Crapringe auf die Helligkeit des Japetus erkennen. In dem Masse, als der Trabant tiefer in diesen Schatten eindrang, wurde die Absorption des Sonnenlichtes immer stärker, bis zuletzt der Satellit den Schatten des hellen Ringes erreichte. Der Crapring ist also für das Sonnenlicht transparent und wird dichter und undurchsichtiger in dem Teile näher dem hellen Ringe. Ein Blick auf die Helligkeitskurve in den Beobachtungen lässt erkennen, dass keine Trennung zwischen dem Crapringe und dem inneren hellen Ringe vorhanden ist; vielmehr ist der Übergang von dem einen zum anderen sehr plötzlich, wie die Steilheit der Helligkeitskurve für die Zeit der Berührung mit dem Schatten des hellen Ringes zeigt. Die Beobachtungen ergaben ferner, dass, soweit die Durchsichtigkeit für die Sonnenstrahlen in Betracht kommt, das Ringsystem völlig so opak ist, als die Kugel des Saturn selbst. Aus der Zeitdauer für das völlige Heraustreten des Japetus aus dem Schatten der Saturnskugel ergiebt sich, dass der Durchmesser dieses Trabanten nicht geringer als 1400 Miles sein kann. Leider konnten die Kontakte mit der Projektion der Cassini'schen Trennung nicht beobachtet werden, da die Sonne aufging, ehe diese Erscheinung erfolgte. Aus einer Berechnung der Helligkeitsabnahme des Japetus, während er durch den Schatten des Crapringes ging, schliesst Barnard, dass die Dichtigkeit dieses Ringes proportional dem Abstande von seinem inneren Rande zunimmt. Die Absorption oder Lichtschwächung des Ringes veranschlagt Barnard auf 0.7te Grössenklasse. Die gesamten Erscheinungen können dadurch erklärt werden, dass der Crapring gegen die Kugel des Saturn hin dünner ist, oder dass dort weniger Partikelchen auf gleichem Flächenraume vorhanden sind. Vielleicht ist beides der Fall. Die Dichtigkeitszunahme gegen das helle Ringsystem hin würde mehr zu Gunsten der Vorstellung sprechen, dass der Crapring durch eine Diffusion der Teilchen des hellen Ringes entstanden ist. Barnard nimmt dabei an, dass das Ringsystem überhaupt aus individuellen Partikelchen besteht. Die Frage der Transparenz des Crapringes ist jedenfalls durch die Beobachtungen Barnard's ein für allemal entschieden.

Der Schatten des Mimas vor der Saturnscheibe. Durchgänge des Schattens vom Saturnmonde Titan vor der Scheibe des Saturn sind häufig beobachtet worden, während Beobachtungen

über die Sichtbarkeit der Schatten der anderen Saturnmonde nur höchst selten erwähnt werden. In den letzten Monaten haben jedoch A. Freeman und Stanley Williams mit verhältnismässig kleinen Instrumenten, nämlich an Spiegelteleskopen von 6 Pariser Zoll Durchmesser, die Schatten der Trabanten Rhea, Dione und Tethys auf der Saturnscheibe gesehen. Es sind dies zweifellos äusserst feine Wahrnehmungen, die nur bei guter Luft und guten Instrumenten von sehr erfahrenen Beobachtern gemacht werden können. Um so mehr muss es überraschen, dass Stanley Williams nun auch den Schatten des innersten Saturnmondes Mimas vor der Scheibe seines Planeten gesehen hat, während das benutzte Instrument offenbar nicht kraftvoll genug ist, diesen Mond neben dem Planeten direkt zu zeigen. In der Nacht des 20. März war nach dem Berichte von Stanley Williams die Luft ungewöhnlich klar und ruhig, bei sehr scharfen Bildern des Saturn. Der Schatten des Mimas wurde direkt beim Sehen durch das Teleskop wahrgenommen als ein kleiner dunkler Fleck, genau am südlichen Rande des dunkeln Striches, welcher durch den Ring vor der Saturnscheibe erzeugt wurde, und mit dem der Schatten des Trabanten in scheinbarem Kontakte war. Dieser Schatten erschien übrigens nicht völlig schwarz, sondern nur dunkel. Eine kurze Betrachtung desselben liess erkennen, dass er in rascher Bewegung gegen West begriffen war, und die Zeitschätzungen ergaben folgendes:

$10^h\ 36.5^m$	n. Gr. Zt.	Der Schatten ist nahe mitten auf der Scheibe.
40.0	„	Der Schatten steht genau auf dem zentralen Meridiane.
44.0	„	Der Schatten ist offenbar über die Mitte hinaus.

Der Vorübergang des Schattens wurde an 420-facher Vergrösserung beobachtet, der Schatten war indessen auch bestimmt bei Vergrösserungen von 320-fach und selbst 225-fach sichtbar. Seine westwärts gerichtete Bewegung war sehr rasch und augenfällig, schon nach wenigen Minuten konnte sie deutlich erkannt werden. Der Schatten wurde bis $11^h\ 20^m$ verfolgt, um welche Zeit er sich dem voraufgehenden Rande des Planeten näherte. Stanley Williams weist auf die grosse Wichtigkeit derartiger Beobachtungen des Schattenvorüberganges von Mimas für die genauere Bestimmung der Bahn dieses Mondes nachdrücklich hin. Instrumente von 10 oder 12 Zoll Öffnung können diese Vorübergänge mit Leichtigkeit wahrnehmen lassen, und diese Durchgänge sind sehr scharf aufzufassen, während die direkte Beobachtung des Mimas äusserst schwierig ist.

Der Vorübergang des Titan vor der Saturnscheibe ist bei der letzten günstigen Stellung des Planeten von F. Terby in Loewen zweimal beobachtet worden, und dies sind die ersten Beobachtungen dieses Phänomens, welche überhaupt bisher gelungen sind. Denn, so leicht es ist, die Jupitermonde vor der Planeten-

scheibe vorüberziehen zu sehen, so schwierig ist dies beim Saturn, auch wenn seine Ringe die geringste Breite besitzen und am wenigsten vom Planetenkörper bedecken. Den Schatten des Titan hat man zwar schon wiederholt als schwarzen Punkt auf der Saturnkugel gesehen, den Mond selbst aber neben seinem Schatten hat Terby zum ersten Male am 11. März und dann zum zweiten Male am 12. April als schwarzen bis dunkelgrauen Punkt vorüberwandern sehen. Aus den Beschreibungen und Zeichnungen dieser beiden Vorgänge ist hervorzuheben, dass die Erscheinung mit dem Vorübergange des dritten Mondes vor Jupiter sehr grosse Ähnlichkeit hat, sich aber doch sehr bezeichnend dadurch unterscheidet, dass der Titan bis zum Rande der Saturnscheibe sehr deutlich zu verfolgen war und hier an der Nordseite eine hellere Partie erkennen liess. Terby glaubt, diese hellere Stelle in der Weise deuten zu dürfen, dass auf der hellen Planetenscheibe vom Monde nur die dunkleren Partien sichtbar seien, am Rande des Planeten hingegen, wo sein Licht schwächer ist, werden auch die helleren Stellen des Mondes wahrgenommen. Der Schatten des Titan erschien am 12. April so hoch am Südpole des Planeten, dass er in diesem Jahrhunderte nicht mehr auf der Scheibe erscheinen, sondern erst wieder um 1907 sichtbar sein wird[1].

Der Mond.

Mondphotographien. Auf der Lick-Sternwarte fährt man mit Erfolg fort, die Mondoberfläche photographisch aufzunehmen. Prof. Weinek in Prag, dessen vortreffliche Zeichnungen von Mondlandschaften am Fernrohre allgemein bekannt sind, hat seit Anfang 1890 durch Prof. Holden zahlreiche Platten von der Lick-Sternwarte erhalten und fand bald, dass eine vergrösserte, möglichst treue Wiedergabe einzelner Mondpartien nach diesen Platten für die Förderung der Selenographie von höchstem Werte sein müsste. Da eine lediglich photographische Vergrösserung derselben Mängel hervortreten lässt und auch an Schärfe und Intensität dem Originale nachsteht, so betrat Prof. Weinek den Weg des vergrösserten Zeichnens und Tuschierens bei aufmerksamer transparenter Betrachtung des Originals. Manche dieser Tuschierungen sind bereits veröffentlicht worden, neue teilt Prof. Weinek im Appendix zum 49. bis 52. Jahrgange der „Astronomischen Beobachtungen der k. k. Sternwarte zu Prag" mit, und ebendaselbst[2]) auch eine Diskussion der von ihm erhaltenen Resultate.

Prof. Weinek bildet a. a. O. Reproduktionen mehrerer von ihm ausgeführter Zeichnungen nach den photographischen Aufnahmen

[1]) Bull. de l'Acad. royal belgique. 1892. [3.] **23.** p. 343. 494. Naturwiss Rundschau. 1892. Nr. 42 513.

[2]) p. 47 u. ff

auf Mt. Hamilton ab, so eine Darstellung des Mare Crisium, des Archimedes, Arzachel und Petavius. Letztere ist hier auf Tafel 2 reproduziert. Sie ist eines der vortrefflichsten, ja das vortrefflichste aller bis jetzt erhaltenen Bilder von Mondlandschaften. Im Inneren bemerkt man eine grosse Zahl von gerundeten und geringelten Strichen, welche man geneigt sein kann für Rillen zu halten, wenn nicht gerade der Umstand, dass sie in den bekannten Rillen gar kein Analogon besitzen, dagegen spräche. Prof. Weinek hält sie für Rillen und sagt[1]):

„Um auch die wesentliche Frage, ob die verzeichneten rillenartigen Objekte dem Monde oder der photographischen Platte (als Fehler irgendwelcher Art) angehören, also reell oder nicht reell sind, zu erörtern, muss ich noch das Folgende anführen. Zu Beginn meiner Studien nach den Lick-Platten habe ich mich zunächst sehr skeptisch den feineren photographischen Rillen gegenüber verhalten. Ich beleuchtete deshalb die Platten auf die verschiedenste Weise, wandte sehr starke Vergrösserungen an und erkannte, dass die fraglichen Objekte keine Risse oder Striche im Glase selbst sein können. Dann studierte ich das Korn der Platten und lernte im Laufe der Zeit von diesem völlig unabhängig zu arbeiten. Wo endlich zwei Platten vorhanden waren, die kurz hintereinander aufgenommen worden, suchte ich die gefundenen Rillen zu identifizieren, was auch in mehreren Fällen, wenigstens für einzelne Teile, vollkommen gelang. Derart übte ich mein Auge durch viele Monate und erreichte eine Sicherheit, welche dem Nachweise durch eine zweite photographische Platte fast gleichkam. Hierbei ergab sich, dass rillenartige Objekte, die auf der der Sonne zugewandten Seite dunkel erscheinen, auf der abgewandten aber eine schwache, parallel laufende Lichtlinie zeigen, unzweifelhafte Vertiefungen auf dem Monde seien. Ebenso sind feine dunkle Linien, die nur in der Nähe von Kratern oder Kratergruben auftreten und in dieselben münden oder von diesen ausgehen, als wirkliche Rillen aufzufassen, während letztere umgekehrt bei dunklen Flecken, die sie durchziehen, auf deren kraterartigen Charakter schliessen lassen. — Nach meinen Erfahrungen vermag ich nun die im südlichen Inneren von Petavius dargestellten Rillen nur als reell anzusehen, was besonders von denjenigen Teilen gilt, welchen der Buchstabe r beigefügt ist. Trotzdem erscheint natürlich eine Verifizierung derselben auf dem Wege der optischen Beobachtung oder durch andere photographische Aufnahmen unerlässlich. Dabei möchte ich der letzteren Methode den Vorzug geben, da es sehr gut denkbar wäre, dass ein photographisch entdecktes Objekt in Anbetracht seiner Farbe sich der optischen Wahrnehmung ganz entziehen könnte. — Es wurde erwähnt, dass mir noch eine zweite photographische Aufnahme des Mondes vom 31. August 1890, 14^h 25^m P. s. t. zur Verfügung stand, welche in

[1]) a. a. O. p. 74.



Klein, Jahrbuch III. Tafel II.

Die Wallebene Petavius auf dem Monde.

Tuschierung in 20-facher Vergrösserung nach der, im Fokus des 36-zölligen Refraktors der Lick-Sternwarte am Mt. Hamilton (Kalifornien) aufgenommenen Mondphotographie vom 31. August 1890 $14^h\ 27^m$ P. [illegible]

zwei, leider zu kräftigen, Positivkopien auf Glas nach Prag gelangt war. Die sehr dunkle Nuancierung dieser Diapositive, sowie das grobe Korn derselben lassen wohl einen sicheren Nachweis jener Rillen nicht zu; immerhin glaube ich aber, auf dem lichteren Exemplare einzelne Stellen der beiden hauptsächlichsten Systeme, welche an b und d vorbeiziehen, wieder zu erkennen. Ohne Zweifel spielt auch bei der Rillenabbildung die passende Expositionsdauer der Platte und die Feinheit der photographischen Zeichnung die grösste Rolle.

Eine optische, möglichst eingehende Untersuchung des südlichen Inneren von Petavius mit mächtigen Instrumenten wäre nun dem Voranstehenden gemäss überaus wünschenswert und dürfte vielleicht neue Gesichtspunkte für unsere Erkenntnis der Oberflächenbeschaffenheit des Mondes eröffnen."

Vergrösserung der Mondphotographien des Lick-Observatoriums. Der Königl. Belgischen Akademie der Wissenschaften hat Folie, Direktor der Königl. Sternwarte zu Brüssel, mehrere photographische Vergrösserungen von Mondlandschaften vorgelegt, welche Prinz, Assistent der Sternwarte, von Clichés erhalten hat, die Prof. Holden vom Lick-Observatorium eingesandt hatte. Das Problem, um welches es sich handelte, war, zu untersuchen, welche Veränderungen die Details eines Clichés erleiden, wenn man die Vergrösserung über die sonst gebräuchliche Grenze hinaus treibt. Ein erstes Bild, welches das Mare Nectaris darstellt, und das bereits von den amerikanischen Astronomen aufs Doppelte vergrössert worden, wurde noch 5-fach vergrössert, ohne von seiner Deutlichkeit und plastischen Darstellung zu verlieren. Eine Vergrösserung auf 20-fachen Durchmesser zeigte die Möglichkeit, auch hierbei noch gute Bilder zu erhalten. Andere Bilder wurden von einem Originalcliché gewonnen nach einem im Fokus des grossen Lick-Refraktors erhaltenen Negative, das den Mond in 140 *mm* Durchmesser zeigt. Zwei Proben, die eine die Region Clavius-Bullialdus, die andere die Gegend von Plato bis zum Sinus Iridum darstellend, wurden in 10-facher Vergrösserung dargestellt und beweisen, dass die von Prinz angewandten Methoden in bezug auf Präzision und Schönheit nichts zu wünschen übrig lassen. Endlich zeigt eine Probe, welche das Ringgebirge Copernicus bei der enormen Vergrösserung von 100-fach im Durchmesser wiedergiebt, und in welcher dieses Ringgebirge 30 *cm* und darüber gross erscheint, den Fortschritt, welcher jüngst auf dem photographischen Gebiete gemacht wurde, und die Geschicklichkeit der Astronomen am Riesenrefraktor auf Mount Hamilton. Denn wenn die vergrösserten Bilder noch dem Auge angenehm erscheinen, so hängt dies in erster Linie von der Sorgfalt in Herstellung der Negative und von der Reinheit und vollkommenen Entwicklung der Platten ab.

Die Mondfinsternis vom 15. Nov. 1891 ist in Deutschland meist verregnet, nur vereinzelt hat man die Erscheinung während eines Teiles ihres Verlaufes beobachten können. Auf dem Observatorium der Harvard-Universität in Cambridge, Nordamerika, waren die Beobachter mehr vom Wetter begünstigt. Es wurde die Umgebung des Mondes innerhalb eines Radius von 15° photographisch aufgenommen, um unter den kleinsten sichtbaren Sternchen vielleicht einen Satelliten des Mondes zu erkennen, allein ein solcher hat sich nicht gezeigt. Der Mond erschien überall während der Totalität dunkelrot, vielfach war der Schatten von einem etwas grünlichen Saume eingefasst, was natürlich nur Kontrastfarbe war. Ausserhalb der Mondscheibe ist der Schatten der Erde nirgendwo gesehen worden.

Der Erdschatten ausserhalb der Mondscheibe ist bei der partiellen Mondfinsternis am 11. Mai 1892 von Dr. Max Wolf in Heidelberg und dessen Mitbeobachtern gesehen worden. Derselbe schreibt [1]): „Zu gewissen Zeiten konnten alle vier Beobachter unabhängig von einander die früher von Dr. Klein entdeckte scheinbare Fortsetzung des Erdschattens ausserhalb des Mondrandes beobachten. — Aber es gelang mir auch, dabei eine Beobachtung zu machen, die vielleicht dazu hilft, einiges Licht über diese Erscheinung zu verbreiten.

Besonders auffallend zeigte sich die Verlängerung des Schattenrandes mehr gegen das Ende der Finsternis, wo der Mond schon recht hell war. So notierte ich um $12^h\ 55^m$, dass der Erdschattenrand an beiden Hörnern ausserhalb etwa $^1/_8$ Monddurchmesser weit zu erkennen war, und dass der Himmel in der Umgebung des Mondes aussen auf der konvexen Seite des Schattenrandes entschieden viel heller erschien als im Erdschatten. Dabei war aber der Himmel vor dem Monde gleichmässig mit ganz feinem Cirrusdunst bezogen.

Noch deutlicher zeigte sich die Fortsetzung um $13^h\ 10^m$, als etwas dichtere Dunstwolken vor dem Monde lagerten. Um $13^h\ 15^m$ zog nun die dicke Dunstschicht langsam weg, so dass um $13^h\ 18^m$ gerade die eine Hälfte der Sichel noch hinter der dickeren Schicht stand, während sich die andere Hälfte auf fast klarem Grunde abhob. Und da zeigte sich nun der Schattenrand dort, wo der Dunst davor lag, noch deutlich weithin verlängert ausserhalb der Mondscheibe, während am anderen klareren Horne eine Fortsetzung nicht mehr zu erkennen war. Als die dicke Dunstschicht auch vom anderen Horne weggezogen war, konnte auch dort keine Randfortsetzung mehr gesehen werden.

Es erscheint nach dieser Beobachtung als nicht ausgeschlossen, dass die Fortsetzung des Schattenrandes ein irdischer und subjektiver Lichteffekt wäre, der nur bei dunstigem Himmel sichtbar wird.

---

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3106.

Dafür würde auch sprechen, dass die Erscheinung bei hohem Mondstande bis jetzt meines Wissens nicht beobachtet werden konnte.

Ein strenger Schluss ist durch diese Beobachtung aber keineswegs geboten, weil bekanntlich Lichtunterschiede viel besser aufgefasst werden bei gedämpfter als bei heller Beleuchtung."

Die Vergrösserung des Erdschattens bei Mondfinsternissen ist von J. Hartmann auf Grund des gesamten vorhandenen Materials untersucht worden [1]). Es ist bekannt, dass der Querschnitt des Kernschattens der Erde bei Mondfinsternissen grösser beobachtet wird, als er nach der Rechnung sein sollte. Man pflegt diese Vergrösserung, in Teilen des Halbmessers jenes sehr nahe kreisförmigen Querschnittes ausgedrückt, als Vergrösserungsfaktor zu bezeichnen. Es sind von mehreren Astronomen Versuche gemacht worden, den Betrag dieser Vergrösserung genauer zu bestimmen. Die neueste Untersuchung ist von Brosinsky (1889), und er kommt zu dem Schlusse, dass ein für alle Finsternisse allgemein gültiger Vergrösserungskoeffizient sich nicht bestimmen lasse.

Hartmann hat seinen Untersuchungen ein wesentlich grösseres Beobachtungsmaterial zu Grunde gelegt und ebenso bei der Berechnung einen eigentümlichen Weg eingeschlagen, welcher eine grössere Sicherheit des Endresultats gewährleistet. Er findet, dass sich ein für alle Mondfinsternisse gültiger Vergrösserungskoeffizient mit ziemlicher Schärfe bestimmen lässt. Die Vergrösserung V des Schattenhalbmessers bei mittlerer Mondparallaxe ist hiernach 48.62″. Ist π die Mondparallaxe, so ist hiernach der zugehörige Wert von $V = 0.01421\,\pi = \frac{1}{70.38}\,\pi$. Zur Bildung dieses Mittelwerts sind 2920 Beobachtungen benutzt worden.

Die Wärmestrahlung des Mondes bei totalen Verfinsterungen. Auf der Sternwarte des Lord Rosse zu Birr-Castle hat Böddiker seit etwa 8 Jahren versucht, am grossen Reflektor mit Hilfe einer Thermosäule den Verlauf der Wärmestrahlung des Mondes während totaler Verfinsterung zu verfolgen. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden von ihm jetzt ausführlich mitgeteilt [2]).

Bereits im Jahre 1884 hat Böddiker eine totale Mondfinsternis nach dieser Richtung hin beobachtet. Eine Wiederholung dieser Untersuchung mit verbesserten wärmemessenden Apparaten konnte während der Mondfinsternis am 28. Januar 1888 erfolgen, welche vom Wetter ungemein begünstigt wurde.

Aus den Beobachtungen im Jahre 1884 hatte sich das merkwürdige Resultat ergeben, dass 38 Minuten nach dem letzten Kontakte der Mondscheibe mit dem Halbschatten nicht die ganze Wärme

[1]) Abhdlg. d. mathem.-phys. Klasse der Kgl. Sächs Ges. d. Wissensch. 1891. Nr. VI.

[2]) Transact. of the Roy. Dublin Soc. 1891 [2] 4. p. 481 u. ff. Das Nachfolgende nach d. Referat in Naturw Rundschau 1892 Nr. 3.

des Vollmondes wieder erschien, sondern noch **13.2 %** derselben fehlten. Dieses Resultat wurde mehrfach angezweifelt, und da während jener Beobachtung eine direkte Vergleichung mit der Strahlung des Vollmondes vor der Verfinsterung nicht ausgeführt worden ist, weil der Mond bereits verfinstert aufgegangen war, musste zugegeben werden, dass dieser Schluss in der That nicht streng erwiesen sei. Dies sollte in erster Reihe bei der Finsternis im Jahre **1888** nachgeholt werden, und somit begannen die Messungen bereits längere Zeit vor dem Beginne der Verfinsterung, und zwar wurden erst einige vorläufige Beobachtungen gemacht und dann die kontinuierliche Reihe, welche nur hin und wieder und leider auch in der Mitte der Totalität der Verfinsterung durch kleine Störungen unterbrochen wurde. Im ganzen waren **638** Galvanometerablesungen möglich, welche in der Abhandlung ausführlich mitgeteilt sind. Aus den beobachteten Galvanometerablesungen ist sodann die Kurve für den Gang der Wärmestrahlung entworfen, und ebenso wurde für den Verlauf der Änderung des Mondlichtes aus den bekannten Daten für die Mondfinsternis die Lichtkurve entworfen; beide Kurven, die für die Wärme und die für das Licht, sind dann mit einander verglichen. Nach den Kurven sind noch die Änderungen des Mondlichtes und der Mondwärme für die beiden auf dem Observatorium zu Birr-Castle beobachteten Mondfinsternisse (**4. Okt. 1884** und **28. Jan. 1888**) in Prozenten der Strahlung des Vollmondes, und zwar für die Zeit von **3^h 10^m** vor der Mitte der Totalität bis **4^h 30^m** nach der Mitte der Totalität, für **5** zu **5** Minuten berechnet und in einer Tabelle zusammengestellt.

Als erstes interessantes Ergebnis dieses Beobachtungs- und Rechnungsmaterials muss angeführt werden, dass die Mondwärme bereits vor dem ersten Kontakte mit dem Halbschatten der Erde abgenommen hat. Da die Kurve der Mondwärme aus den Beobachtungen ganz ohne Rücksichtnahme auf die Phase der Erscheinung gezeichnet wurde, hält Böddiker jede Täuschung für ausgeschlossen. Freilich zeigte sich schon **4** Minuten vor dem ersten Kontakte mit dem Halbschatten, um **4^h 23^m**, eine Abweichung der Wärme; da diese aber zu einer Höhe der Erdatmosphäre von etwa **275** engl. Meilen (**1167.25** *km*) führen würde, nimmt Böddiker an, dass es sich hier nur um eine zufällige Störung gehandelt habe. Aber von **4^h 24^m** an, oder **3** Minuten vor dem Kontakte der Penumbra, war eine stetige Wärmeabnahme ganz deutlich, und hieraus würde sich ergeben, dass die Wärme absorbierende Atmosphäre der Erde eine Höhe von **190** engl. Meilen (**305.9** *km*) hat. Dies Resultat muss aber mit Vorsicht aufgenommen werden, bis es durch weitere Beobachtungen bestätigt ist.

Während des Vorrückens des Halbschattens auf der Mondscheibe erfolgte die Abnahme der Wärme entschieden schneller als die des Lichtes. Dies erklärt sich damit, dass die sich zwischenschiebende Erdatmosphäre mehr Wärme absorbiert als Licht. Die

Wärmekurve sinkt anfänglich nicht steil, dies entspricht dem Umstande, dass Teile der Mondoberfläche verfinstert werden, welche die Sonne im Horizonte haben und daher bedeutend kälter sind, als die mittleren Teile des Mondes. Werden diese dann vom Schatten bedeckt, so nimmt die Wärme schneller ab, die Wärmekurve wird steiler, und die Lichtkurve mehr parallel. Zuletzt bleibt die Wärmeabnahme wieder etwas zurück, da nun wieder nur kältere Randteile des Mondes allmählich bedeckt werden.

Um 6^h 2.7^m, oder 26.7^m vor der Totalität, schneidet die Wärmekurve, welche bisher niedriger gewesen, die Lichtkurve, d. h. die vom Monde ausgestrahlte Wärme wird jetzt bedeutender als die von seiner Oberfläche reflektierte. Die beiden Wärmearten waren um 6^h 2.7^m einander gleich, als die Gesamtwärme etwa 7.3 % der Wärme des Vollmondes betrug. Im Jahre 1884 war zwar dieser Moment, in dem sich die beiden Kurven schneiden, nicht direkt beobachtet, aber aus dem Verlaufe der Kurven ist es zweifellos, dass dieses Schneiden etwa 28 Minuten vor der Totalität eintrat, als die Gesamtwärme 9.2 % der Vollmondwärme betrug. Der Unterschied zwischen beiden Finsternissen rührt hauptsächlich, wenn nicht ausschliesslich, daher, dass die neuere länger gedauert als die frühere.

Die hypothetischen Kurven, welche für die Dauer der Totalität gezeichnet wurden aus dem Verlaufe der Kurven in der Zeit, wo Messungen gemacht sind, zeigen, dass während beider Finsternisse der letzte Rest der Wärme sehr gering gewesen sein muss. Das wahrscheinliche Minimum tritt 1888 etwa 2 Minuten vor dem Ende (45 Min. nach der Mitte) der Totalität ein und beträgt 0.4 %, 1884 etwa 10 Minuten vor dem Ende (35 Min. nach der Mitte) der Totalität mit 1 %. Diese Wärme ist so gering, dass sie mit den Instrumenten nicht hätte gemessen werden können, wenn eine Beobachtung gemacht worden wäre. Aber der Charakter der Kurven scheint hinreichende Belege dafür zu geben, dass die Mondwärme zu keiner Zeit ganz auf Null reduziert gewesen. Dass 1884 das Wärmeminimum 35 Minuten hinter dem Lichtminimum zurückblieb und 1888 etwa 45 Minuten, rührt gleichfalls von der verschiedenen Dauer der Finsternisse her. — Der Schnittpunkt beider Kurven, der Licht- und der Wärmekurven, nach der Totalität, erschien 1884 62 Minuten nach der Mitte der Finsternis mit 1.8 % der Gesamtwärme, 1888 ist er nicht beobachtet worden.

Nach dem Schnittpunkte der Wärmekurve mit der Lichtkurve bleibt erstere (1888) etwa 6 Minuten lang der Abscissenaxe parallel, dann beginnt sie wieder anzusteigen, erst langsam, dann mit wachsender Schnelligkeit; sie bleibt aber bedeutend weiter unter der Lichtkurve als vor der Totalität. Beim letzten Kontakte z. B. beträgt dieser Abstand $17^1/_2$ % gegen $6^1/_2$ % beim ersten Kontakte. Ein ebenso schnelles Steigen wurde 1884 beobachtet. Doch blieb 1884 die Wärmekurve der Lichtkurve ziemlich parallel bis etwa 15 Minuten

nach der letzten Berührung mit dem Schatten. Die Kurve von 1888 macht nach dem letzten Kontakte eine Biegung, welche Bödddiker auf eine Störung zurückführen zu dürfen glaubt, so dass die Differenz zwischen der Wärme- und der Lichtkurve beim letzten Kontakte 15% betragen würde gegen $9\frac{1}{2}$% im gleichen Momente 1884. Die Störung kann irgendwo in der Atmosphäre, durch welche die Mondstrahlen gingen, gelegen haben.

16 Minuten nach dem letzten Kontakte 1884, und 17 Minuten nach dem entsprechenden Kontakte 1888 beginnt die Wärmezunahme immer geringer zu werden und hört 1888 7 Minuten vor dem letzten Kontakte mit dem Halbschatten auf, wo die Gesamtwärme 80.6% beträgt. Bis 1^h 30^m nach diesem letzten Kontakte steigt sie nur auf 81% der Vollmondwärme. 1884 wurden 38 Min. nach dem letzten Kontakte mit dem Halbschatten 86.8% der Vollmondwärme gemessen. Bei beiden Finsternissen ist somit im allgemeinen dasselbe beobachtet worden; aber im einzelnen machten sich Verschiedenheiten bemerklich, auf die hier näher eingegangen werden soll.

Die Thatsache, dass nach dem Ende der Finsternis die Mondwärme nicht wieder ihre frühere Höhe erreichte, kann Bödddiker nicht erklären. Er spricht aber eine Vermutung aus, welche diese auffallende Erscheinung plausibel machen würde, nämlich, dass die Menge der Mondwärme, welche durch unsere Atmosphäre geht, abhängt von der Menge, die vorher absorbiert war, und zwar würde nur die vom Mondkörper ausgestrahlte, nicht die reflektierte Wärme absorbiert.

Auf Grund seiner Beobachtungen bezeichnet Bödddiker in betreff der Mondwärme folgendes als die zunächst zu lösenden Aufgaben: 1. Die noch unsichere Abnahme der Wärme vor dem Beginne der Finsternis bedarf der Bestätigung oder Widerlegung; hierfür könnten auch Beobachtungen bei grosser Annäherung des Mondes an den Erdschatten verwertet werden. 2. Beobachtungen während der Totalität sind notwendig. 3. Die Wärme nach dem letzten Kontakte mit dem Halbschatten bedarf sorgfältiger Messung während Finsternissen, die möglich verschiedene Grössen haben. 4. Es ist wahrscheinlich, dass das Verhalten und die Natur der Mondwärme wird näher bekannt werden, wenn die Beobachtungen während der Finsternis durch Glas gemacht werden; bisher ist erst eine derartige Beobachtung von Langley ausgeführt. 5. Endlich bedarf die verschiedene Strahlung der verschiedenen Teile der Mondoberfläche, welche vielleicht so manche Unregelmässigkeiten in den vorliegenden Beobachtungen veranlasst haben, systematischer Untersuchung.

Kometen.

Bezüglich der Kometen des Jahres 1891 ist der definitiven Zusammenstellung von Prof. Kreutz[1]) das Folgende entnommen.

[1]) Vierteljahrsschrift d. Astron. Gesellsch. 27. p. 60.

„Komet 1889 I. In der vierten Opposition ist der Komet von Spitaler in Wien am 1. Mai 1891 als ein nur mit der grössten Anstrengung des Auges wahrnehmbares Lichtfleckchen von 5″ Durchmesser aufgefunden und beobachtet worden. Diese Beobachtung ist die letzte gewesen, die überhaupt vom Kometen angestellt worden ist; auf der Lick-Sternwarte ist es im Jahre 1891 nicht mehr möglich gewesen, eine Beobachtung zu erhalten.

Die Sichtbarkeitsdauer des Kometen ist nunmehr auf 971 Tage gestiegen; die Entfernungen, bis zu denen er verfolgt worden ist, betragen 8.22 (Entfernung von der Sonne) und 7.40 (Entfernung von der Erde), Grössen, die der Entfernung des Saturn nahe kommen.

Komet 1889 V (Brooks). Die Beobachtungen des Kometen in der zweiten Opposition mit der Sonne auf der Lick-Sternwarte haben sich bis in das Jahr 1891 hinein erstreckt; die letzte ist am 12. Januar 1891 angestellt worden. Die ungewöhnlich lange Sichtbarkeit des Kometen, 555 Tage, lässt eine genaue Vorausberechnung der nächsten Erscheinung erwarten.

Komet 1890 II. Die Helligkeit des Kometen nahm mit wachsender Entfernung von der Sonne so langsam ab, dass er bis zu seinem Verlöschen im Tageslichte verfolgt werden konnte. Die letzte bis jetzt publizierte Beobachtung ist am 29. April 1891 in Bordeaux angestellt worden; am 30. Mai war der Komet noch sichtbar, aber in der hellen Dämmerung zu schwach, um beobachtet zu werden.

Nach seinem Wiedererscheinen am Morgenhimmel ist der Komet am 6. Januar 1892 von Javelle in Nizza wieder aufgefunden worden.

Aus 6 Normalörtern vom 21. März 1890 bis 3. März 1891 hat Dr. F. Bidschof die folgenden hyperbolischen Elemente abgeleitet, durch welche die Nizzaer Beobachtung vom 6. Januar 1892 innerhalb fünfstelliger Rechnung vollständig dargestellt wird.

$$
\begin{aligned}
T &= 1890 \text{ Juni } 1.578725 \text{ m. Z. Berlin} \\
\left.\begin{aligned}
\pi &= 29^{0}\ 16'\ 57.5'' \\
\Omega &= 320\ \ 20\ \ 43.6 \\
i &= 120\ \ 33\ \ 23.3
\end{aligned}\right\} & \text{ M. Äq. 1890.0} \\
e &= 1.00037259 \\
\log q &= 0.280471.
\end{aligned}
$$

Auf Störungen ist bei der Bahnbestimmung keine Rücksicht genommen worden, so dass vorläufig der hyperbolische Charakter der Bahn noch nicht als verbürgt angesehen werden kann.

Komet 1890 IV. Die rasche Abnahme der Helligkeit hat es nicht mehr gestattet, den Kometen über Mitte Januar 1891 hinaus zu verfolgen; die letzte Beobachtung ist am 13. Januar von Kobold in Strassburg angestellt worden.

Komet 1890 VII (Spitaler). Die letzte Ortsbestimmung des in seiner ganzen Erscheinung sehr lichtschwachen Kometen ist, soweit die Beobachtungen bis jetzt publiziert sind, am 12. Januar 1891 von Barnard auf der Lick-Sternwarte angestellt worden.

Die folgenden Elemente, welche Hind aus vier Beobachtungen, am 4., 12. und 30. Dezember 1890 und am 10. Januar 1891 abgeleitet hat, stimmen nahe mit denen von Spitaler überein.

$$\begin{aligned} T &= 1890 \text{ Okt. } 26.52917 \text{ m. Z. Berlin} \\ \pi &= 58^{0}\ 23'\ 41.1'' \\ \Omega &= 45\ \ \ 5\ \ 18.2 \quad \text{M. Äq. 1890.0} \\ i &= 12\ \ 50\ \ 24.7 \\ \varphi &= 28\ \ \ 8\ \ 28.8 \\ \mu &= 556.0138'' \\ \log a &= 0.5366140 \\ U &= 6.382 \text{ Jahre.} \end{aligned}$$

Die Annahme, dass der Komet im Jahre 1887 dem Jupiter sehr nahe gewesen sei, beruht nach Hind auf einem Irrtume. Die geringste Entfernung, 1.507, hat im Juni 1888 stattgefunden. Die Vermutung, dass der Komet in den letztvergangenen Jahren eine Umgestaltung seiner Bahn erlitten hat, ist daher ausgeschlossen.

Komet 1891 I. Der Komet wurde am 29. März 1891 von Barnard auf Mount Hamilton und unabhängig hiervon, am 30. März von Denning in Bristol entdeckt. Er war mässig hell, 10 bis 11. Grösse, hatte 1′ im Durchmesser und zeigte eine kernartige Verdichtung, sowie einen 10—15′ langen Schweif. Der Lauf des Kometen, welcher am Tage seiner Entdeckung in $\alpha = 15^{0}$, $\delta = + 45^{0}$ stand, ging mit zunehmender Helligkeit rasch nach Süden, so dass er schon nach wenigen Tagen in der Abenddämmerung verschwand. Die letzten Beobachtungen wurden am 10. April in Hamburg und Kiel angestellt.

Nach dem Perihele ist der Komet auf der Südhalbkugel noch einige Zeit als schwache Nebelmasse sichtbar gewesen. Mit Hilfe einer von seiten der Zentralstelle telegraphisch übermittelten Ephemeride wurde er zuerst von Tebbutt in Windsor am 19. Mai aufgefunden und bis zum 3. Juli verfolgt; auf der Kap-Sternwarte wurde er vom 9. bis 15. Juni, in Cordoba vom 17. Juni bis 9. Juli beobachtet.

Aus den Beobachtungen der Nordhalbkugel hat Prof. Lamp die folgenden Elemente abgeleitet:

$$\begin{aligned} T &= 1891 \text{ April } 27.55900 \text{ m. Z. Berlin} \\ \pi &= 12^{0}\ 44'\ \ 1.3'' \\ \Omega &= 193\ \ 55\ \ 36.5 \quad \text{M. Äq. 1891.0} \\ i &= 120\ \ 31\ \ 27.0 \\ \log q &= 9.599332. \end{aligned}$$

Wolf'scher Komet 1891 II. Der Wolf'sche Komet (1884 III) wurde in seiner zweiten Erscheinung, für deren Vorausberechnung Pfarrer Thraen, Berberich und Dr. L. Struve Sorge getragen hatten, am 1. Mai 1891 von Spitaler in Wien und am 3. Mai von Barnard auf Mount Hamilton in naher Übereinstimmung mit den Ephemeriden aufgefunden. Zuerst war derselbe ausserordentlich klein

und schwach, nahm jedoch rasch an Ausdehnung und Helligkeit zu, so dass er vom Juli ab auch mit Fernrohren mittleren Ranges beobachtet werden konnte. Im August zeigte er einen hellen, deutlichen Kern 11. Grösse mit einer Coma von 3′ bis 4′ Durchmesser, ohne sonst bemerkenswerte Eigentümlichkeiten darzubieten. Von Mitte Oktober ab nahm die Helligkeit wieder ab.

Am Tage der Wiederauffindung war die Helligkeit dieselbe, wie zur Zeit der letzten Beobachtung im Jahre 1885; auch die Beschreibungen der Beobachter in beiden Erscheinungen stimmen bemerkenswert überein, so dass man wohl zu dem Schlusse berechtigt ist, dass physische Veränderungen im Kometen seit seiner ersten Erscheinung nicht eingetreten sind.

Anfang September 1891 bedeckte der Komet einige hellere Sterne der Plejadengruppe. Diese Gelegenheit wurde von verschiedenen Astronomen benutzt, um die Frage nach der lichtbrechenden Kraft der Kometenmaterie einer näheren Prüfung zu unterziehen. Die Resultate sind grösstenteils negativ gewesen; nur eine von Burnham am 36-Zoller der Lick-Sternwarte während der Bedeckung am 3. Sept. angestellte Messungsreihe der Dekl.-Differenz von 21 und 22 Asterope zeigt Abweichungen, die sich möglicherweise durch Refraktionswirkungen erklären lassen.

Aus dem Komplexe der beiden Erscheinungen 1884 und 1891 hat Pfarrer Thraen die folgenden Elemente abgeleitet:

Epoche 1891 Juli 10.0 m. Z. Berlin

$$
\begin{aligned}
M &= 351^{\circ}\ 59'\ \ 9.4''\\
\left.\begin{aligned}
\pi &= \ \ 19\ \ \ 10\ \ \ 43.8\\
\Omega &= 206\ \ \ 22\ \ \ 17.1\\
i &= \ \ 25\ \ \ 14\ \ \ 33.6
\end{aligned}\right\}&\ \text{M. Äq. 1891.0}\\
\varphi &= \ \ 33\ \ \ 51\ \ \ 41.0\\
\mu &= 520.11784''\\
\log a &= 0.5559365.
\end{aligned}
$$

Zu bemerken ist noch, dass bereits im Jahre 1890 auf eine Anregung von Herrn Berberich hin von Barnard auf der Lick-Sternwarte nach dem Kometen gesucht worden ist. Da derselbe trotz einer mit dem wahren Orte nahe übereinstimmenden Ephemeride nicht aufgefunden wurde, so ist die Frage, ob der Komet auch in anderen als Perihel-Oppositionen sichtbar sei, in verneinendem Sinne zu entscheiden.

Encke'scher Komet 1891 III. Für die 26. Erscheinung des Encke'schen Kometen hatte Dr. O. Backlund die folgenden Elemente vorausberechnet:

Epoche 1891 Mai 31.0 m. Z. Berlin

$$
\begin{aligned}
M &= 318^{\circ}\ 12'\ 49.0''\\
\left.\begin{aligned}
\pi &= 158\ \ \ 38\ \ \ 46.4\\
\Omega &= 334\ \ \ 41\ \ \ 26.7\\
i &= \ \ 12\ \ \ 54\ \ \ 57.9
\end{aligned}\right\}&\ \text{M. Äq. 1891.0}
\end{aligned}
$$

$$\varphi = \quad 57 \quad 49 \quad 48.6$$
$$\mu = 1074.379285''$$
$$\mu' = +\ 0.053121$$
$$\varphi' = -\ 1.88.$$

Da seit dem letzten Periheldurchgange im Jahre 1888 nur die Störungen durch Jupiter berücksichtigt waren, liess sich ein genauer Anschluss an die Beobachtungen nicht erwarten; immerhin betrug die Abweichung im Maximum nur wenige Bogenminuten.

Nach der Ephemeride wurde der Komet am 1. August 1891 von Barnard auf Mount Hamilton aufgefunden. Zunächst noch ausserordentlich schwach, entwickelte er sich im September zu einem hellen Nebel 6.7ter Grösse mit einer kernartigen Verdichtung, umgeben von einer fächerförmigen Coma. Von Ende September an rückte der Komet immer mehr in die Morgendämmerung hinein, so dass die Beobachtungen noch vor Mitte Oktober ihr Ende finden mussten; die letzte ist am 11. Oktober auf der Radcliffe-Sternwarte angestellt worden.

Von Interesse ist eine Vergleichung der Erscheinung 1891 mit derjenigen des Jahres 1858. Damals wie jetzt fiel das Perihel auf den 18. Oktober, so dass die nach den Rechnungen von Powalky mitgeteilte Ephemeride ohne weiteres zur Auffindung des Kometen in der jetzigen Erscheinung hätte angewandt werden können.

Die erste Beobachtung wurde im Jahre 1858 von Foerster in Berlin am 7. August angestellt. Der Komet war an diesem Tage noch ungemein schwach, 12.13ter Grösse, erschien aber schon Anfang September so hell wie ein Stern 8. Grösse und konnte sogar am 1. Oktober von Bruhns in der Helligkeit eines Sternes 6. Grösse mit blossem Auge gesehen werden. Ortsbestimmungen sind nach dem 7. Oktober wegen der hellen Dämmerung nicht mehr möglich gewesen.

Wir können hieraus schliessen, dass der Komet 1891 durchschnittlich dieselbe Helligkeit wie 1858 gezeigt hat, und dass die Erscheinung 1891 III, wenn wir sie in die von Berberich in Astron. Nachr. Nr. 2836 gegebene Übersicht einreihen, zu den besonders hellen Erscheinungen gezählt werden muss.

Komet 1891 IV. In sehr südlicher Deklination, -28^{0}, wurde von Barnard auf Mount Hamilton am 2. Oktober 1891 ein mässig heller Komet 12. Grösse entdeckt. Er war rund, hatte 1′ im Durchmesser und zeigte in der Mitte eine hellere Stelle, die sich aber nicht zu einem Kerne verdichtete. Da der Lauf des Kometen nach Süden gerichtet war, konnte er nur noch an wenigen Tagen, bis zum 9. Oktober, auf der Lick-Sternwarte beobachtet werden; auf den anderen Sternwarten der Nordhalbkugel ist überhaupt keine Beobachtung möglich gewesen. Die Sternwarten der Südhalbkugel wurden rechtzeitig von der Entdeckung benachrichtigt, so dass anzunehmen ist, dass auf denselben eine grössere Serie von Beobachtungen hat angestellt werden können.

Aus den Beobachtungen auf Mount Hamilton hat Dr. R. Froebe, in naher Übereinstimmung mit einer Rechnung von Berberich, das folgende Elementensystem abgeleitet:

$$
\begin{aligned}
T &= 1891 \text{ Nov. } 12.9427 \text{ m. Z. Berlin} \\
\pi &= 126^\circ\ 11'\ 59.4'' \\
☊ &= 217\ \ 38\ \ 58.4 \quad \text{M. Äq. 1891.0} \\
i &= 77\ \ 42\ \ 34.2 \\
\log. q &= 9.989838.
\end{aligned}
$$

Periodischer Komet Tempel$_3$-Swift 1891 V. Die Umlaufszeit des periodischen Kometen Tempel$_3$-Swift (1869 III, 1880 IV) beträgt fast genau 5.5 Jahre. Es wechseln infolge dessen November- mit Maierscheinungen ab, und während in den ersteren der Komet der Erde sehr nahe kommt (1869 bis auf 0.25, 1880 bis auf 0.13, 1891 bis auf 0.24), ist in den letzteren seine Stellung zur Erde und Sonne so ungünstig, dass keine Beobachtungen möglich sind. Der Komet wird daher nur in jeder zweiten Erscheinung uns sichtbar, dann aber unter besonders günstigen Bedingungen, die ihn auch zur Bestimmung der Sonnenparallaxe geeignet erscheinen liessen, wenn nicht seine formlose Gestalt die Sicherheit der Ortsbestimmungen zu sehr beeinträchtigte.

Die Elemente, welche Bossert aus den Erscheinungen 1869 und 1880 für die der Beobachtung günstige Wiederkehr im Jahre 1891 berechnet hatte, lauten:

$$
\begin{aligned}
T &= 1891 \text{ Nov. } 14.98907 \text{ m. Z. Berlin} \\
\pi &= 43^\circ\ 14'\ 15.7'' \\
☊ &= 296\ \ 31\ \ 14.8 \quad \text{M. Äq. 1891.0} \\
i &= 5\ \ 23\ \ 13.8 \\
\varphi &= 40\ \ 44\ \ 44.4 \\
\mu &= 641.139'' \\
\log a &= 0.495370.
\end{aligned}
$$

Mit Hilfe einer aus diesen Elementen gerechneten Ephemeride wurde der Komet am 27. September 1891 von Barnard auf Mount Hamilton und am 30. September von Denning in Bristol aufgefunden. Es zeigte sich, dass zur Darstellung der Beobachtungen eine Korrektion der Perihelzeit um + 2.4 Tage erforderlich war, dass dann aber die Elemente sich dem Laufe des Kometen nahe anschlossen.

Die Sichtbarkeitsverhältnisse gestalteten sich ebenso wie in den beiden früheren Erscheinungen. Der Komet hatte das Aussehen eines grossen blassen, formlosen Nebels mit einer sehr geringen Verdichtung in der Mitte; Ende November erreichte er seine Erdnähe und damit das Maximum der Helligkeit, aber auch zu dieser Zeit bildete er durch seine Lichtschwäche und den Mangel einer genau zu pointierenden Stelle ein für die Beobachtung schwieriges Objekt.

Im Frühjahre 1891 ist auf den Sternwarten Wien und Mount Hamilton der Versuch gemacht worden, den Winnecke'schen Kometen in der der nächsten Perihel-Opposition vorangehenden Opposition aufzufinden. Auf Mount Hamilton sind die Versuche erfolglos geblieben; in Wien hat Spitaler am 4. Februar 1891 nahe der von v. Haerdtl zur Verfügung gestellten Ephemeride ein später nicht mehr aufzufindendes kometenartiges Objekt wahrgenommen; jedoch ist die Abweichung von der Rechnung viel zu bedeutend, als dass eine Identität mit dem gesuchten Kometen auch nur wahrscheinlich wäre."

Die Kometen des Jahres 1892 sind folgende:

Komet 1892 I, entdeckt am 6. März von Swift zu Rochester.
„ „ II, „ „ 18. „ „ Denning zu Bristol.
„ „ III, (der Winnecke'sche Komet) aufgefunden am 18. März von Spitaler in Wien.
„ „ IV, entdeckt am 28. August von Brooks in Geneva N.-A.
„ „ V, entdeckt am 12. Oktober von Barnard auf Mt. Hamilton.
„ „ VI, entdeckt am 6. November von Holmes in London.
„ „ VII, entdeckt am 12. November von Brooks zu Geneva.

Ausserdem wurde eine kometenartige Erscheinung von Max Wolf auf photographischen Aufnahmen, die er am 19. und 20. März gemacht, entdeckt, die später nicht mehr wiederzufinden war. Man hat es wahrscheinlich mit einem sich von der Erde aus grosser Nähe entfernenden Objekte zu thun.

Über die Gesamtzahl der Kometen im Sonnensysteme hat J. Kleiber Betrachtungen und Rechnungen angestellt[1]). Unter der Voraussetzung, dass die Richtungen der grossen Achsen der Kometenbahnen im Raume zufällig verteilt sind, und dass die Kometen um die Sonne Parabeln beschreiben, findet er, dass die Dichtigkeit der Verteilung der Kometen der Quadratwurzel aus der Entfernung von der Sonne umgekehrt proportional ist. Dasselbe Gesetz gilt auch für Meteorströme und für die Gesamtheit des im Sonnensysteme befindlichen kosmischen Staubes. „Der von kosmischen Meteoren erfüllte interplanetarische Raum bildet somit ein eigentümliches, staubwolkenartiges Medium, dessen Dichtigkeit nach obigem Gesetze mit zunehmender Entfernung von der Sonne abnimmt." Nimmt man hypothetisch die Zahl der jährlich ins Innere der Erdbahn eintretenden Kometen = 5, so wird nach Kleiber für das ganze Sonnensystem diese Zahl = 240, d. h. ebenso viele treten in dieses jährlich ein und aus; die mittlere Zahl der im Sonnensysteme jederzeit vorhandenen Kometen würde dann = 5934.

[1]) Astron Nachr. Nr. 3104.

Untersuchungen über die Bahn des Brorsen'schen Kometen. Prof. Dr. E. Lamp in Kiel hat eine genauere Untersuchung der Bahn des Brorsen'schen Kometen unternommen, von welcher der 1. Teil, die Verbindung der Erscheinungen 1873 und 1879 und die Vorausberechnung für 1890, vorliegt[1]) und sehr reichliche Ergebnisse bringt.

„Der Brorsen'sche Komet gehört seiner Bahnverhältnisse und der Lichtveränderungen wegen zu den interessantesten seiner Klasse, der kurzperiodischen Kometen. Das Interesse an ihm wird noch erhöht, da er 1884 und 1891 nicht wiedergesehen worden ist, obwohl, in dem letzteren Jahre wenigstens, die Wiederauffindung mit Bestimmtheit erwartet wurde. Der Komet wurde am 26. Februar 1846 von Th. Brorsen, damals Studiosus in Kiel, entdeckt und als Komet 1846 III bis zum 22. April beobachtet. Aus den ersten Beobachtungen wurden parabolische Elemente berechnet, welche sich bald als unzureichend erwiesen. Brünnow und d'Arrest fanden schon aus 7-tägigen Beobachtungen eine Ellipse, welche von Hind u. a. bestätigt und von Brünnow mehr und mehr verbessert wurde. Die abschliessende Arbeit des letzteren gab als wahrscheinlichste Epoche der nächsten Wiederkehr zum Perihele den 26. September 1851.

Der Komet wurde 1851 nicht beobachtet, entweder, weil er zu schwach, und sein geozentrischer Ort der Sonne zu nahe war, oder weil überhaupt nicht gesucht wurde, oder weil die Beobachter nicht die vortreffliche Brünnow'sche, sondern eine Vorausberechnung van Galen's benutzten, welche, kurz vor der erwarteten Wiederkehr veröffentlicht, näher zur Hand, aber leider fehlerhaft war.

Brünnow gab die weitere Bearbeitung auf, während van Galen sie bis 1857 fortsetzte. Nachdem der Komet am 18. März 1857 von Bruhns zufällig aufgefunden war, ergaben die Beobachtungen dieser Erscheinung 1857 II, welche bis zum 22. Juni fortgesetzt wurden, dass van Galen das Perihel um 87½ Tage zu spät angesetzt hatte.

Ob im Herbste 1862 (Perihel etwa am 12. Oktober) nach dem Kometen gesucht worden ist, ist unbekannt, für eine Ephemeride war anscheinend nicht gesorgt worden.

Im Jahre 1868 nahm Bruhns die Bearbeitung wieder auf.

Der Komet wurde nach seiner Vorausberechnung am 12. April 1868 von Bruhns selbst aufgefunden. Tempel in Marseille glaubte, ihn schon am 22. März gesehen zu haben, und bestimmte eine genäherte Position am 11. April. Die Beobachtungen dieser Erscheinung 1868 I wurden bis zum 23. Juni fortgesetzt und ergaben den Periheldurchgang ungefähr einen Tag früher als Bruhns' Rechnung.

---

[1]) Publikationen der Kgl. Sternwarte in Kiel 7. Kiel 1892.

Die Vorausberechnung für 1873 wurde nicht mehr von Bruhns, sondern von Professor Schulze in Döbeln durchgeführt. Dieser verbesserte die Bruhns'schen Elemente für 1868 nach den Beobachtungen dieses Jahres, ohne auf die früheren Erscheinungen zurückzugehen, und berechnete die Jupiterstörungen bis zum 12. Oktober 1873. Gleichzeitig hatte W. E. Plummer in Twickenham, von den ungeänderten Bruhns'schen Elementen für 1868 I ausgehend, die Störungen durch Jupiter und Saturn bis zum 19. Oktober 1873 berechnet. Obwohl die Plummer'schen Störungswerte starke Abweichungen von den später verifizierten Schulze'schen aufweisen, wurde der Komet doch nach Plummer's Ephemeride am 31. August 1873 von Stephan in Marseille aufgefunden. Der Komet war äusserst schwach und blieb so während der ganzen Erscheinung 1873 VI, da seine Stellung zur Sonne und zur Erde ungünstig war. Die Beobachtungen, welche mit dem 26. Oktober 1873 schlossen, ergaben als Zeit des Periheldurchganges den 9.5ten Oktober 1873, während Schulze's Rechnung das Perihel auf den 10.3ten Oktober angesetzt hatte.

Professor Schulze hat die Erscheinungen 1868 I und 1873 VI unter Berücksichtigung der Störungen von Venus, Erde, Mars, Jupiter und Saturn mit einander verbunden und, in Anbetracht des Aussehens des Kometen, welches eine besonders scharfe Ortsbestimmung nicht zulässt, alle Normalörter sehr befriedigend dargestellt. Er hat dann die Störungsrechnung für alle genannten Planeten bis zum 30. März 1879 fortgesetzt.

Der Komet wurde nach dieser Vorausberechnung am 14. Januar 1879 von Tempel in Arcetri, am 17. Februar von Ferrari in Rom, am 26. Februar von Russell in Sydney und von Tebbutt in Windsor, N. S. Wales, gefunden und von Mitte März an als Komet 1879 I regelmässig an vielen Sternwarten, zuletzt am 23. Mai in Leipzig, beobachtet. Die Beobachtungen liessen sich aber mit den Schulze'schen Elementen nicht befriedigend darstellen. Erst eine Verschiebung der Epoche der Elemente um + 0.571 Tage gab mit Beibehaltung aller übrigen Daten eine hinreichend genäherte Ephemeride.

Da hier zum ersten Male 3 Erscheinungen des Kometen durch eine einheitlich durchgeführte Berechnung der Störungen aller merklich wirksamen Planeten miteinander verbunden waren, so lag der Gedanke nahe, durch Ausgleichung der kleinen Verschiebung der Perihelzeit die Verbindung der 3 Erscheinungen durch ein und dasselbe Elementensystem strenge herzustellen. Professor Schulze hat diesen Versuch gemacht, aber nach vieler vergeblicher Mühe fallen gelassen und die Fortsetzung der Bearbeitung überhaupt aufgegeben.

Für den Herbst des Jahres 1884 lieferte Hind eine Aufsuchungsephemeride. Der Komet wurde aber nicht gefunden, obwohl von einigen Beobachtern gesucht worden ist, z. B. von Trépied in Algier und von Pechüle in Kopenhagen. Der Komet war, wie in allen Herbsterscheinungen, für Beobachtungen von der Erde aus

sehr ungünstig gelegen, wenn er überhaupt noch vorhanden gewesen ist.“

Im Anfange 1889 nahm Prof. Lamp die Bearbeitung auf nach einem umfassenderen Plane, wobei er auch die Störungsrechnungen für 1873 bis 1879 wiederholte, da es möglich war, dass die Diskordanz in den Umlaufszeiten 1868—73 und 1873—79 durch einen Fehler in den Rechnungen von Prof. Schulze sich erklären könne. Ein solcher fand sich aber nicht, und die Diskordanz ist geblieben, und zwar im Sinne einer anscheinenden Verlangsamung des Kometen, die allerdings zwischen 1873 und 1879 nur etwa $^1/_2$ Tag beträgt. Prof. Lamp entschloss sich nun, unter Zugrundelegung der beiden möglichst gut miteinander verbundenen, zuletzt beobachteten Erscheinungen 1873 VI und 1879 I die Störungen zunächst für Jupiter, dann auch für Saturn von 1879 bis 1890 zu berechnen und für die zu Anfang 1890 erwartete Wiederkehr des Kometen Aufsuchungsephemeriden herzustellen. Die Ephemeriden sind den Beobachtern rechtzeitig zugegangen, und zahlreiche Notizen in den Astr. Nachr. und Privatnachrichten liefern den Beweis, dass vorzügliche Beobachter mit weit besseren Instrumenten, als früheren Astronomen zu Gebote standen, und unter günstigen Bedingungen nach diesen Ephemeriden und in deren Nähe, weit über die Grenzen der zu erwartenden Unsicherheit derselben hinaus, nach dem Kometen eifrig gesucht haben. Der Komet wurde aber nicht gefunden.

So stehen wir nun vor der Frage nach den möglichen Ursachen dieses Nichtauffindens in den Jahren 1884 und 1890. Muss man annehmen, dass der Komet sich aufgelöst hat und verschwunden ist? Oder hat sein Licht eine besondere Schwächung erfahren? Die sichere Antwort hierauf wird uns die Zukunft geben. Einstweilen bespricht Prof. Lamp genauer die Eigentümlichkeiten der Bahn und die bisher konstatierten Lichtveränderungen des Kometen, um das Urteil über die möglichen Ursachen seiner Nichtsichtbarkeit zu erleichtern.

„Charakteristisch,“ sagt er, „ist zunächst die grosse Neigung von 29°, welche von keinem der mehrfach wiedergekehrten kurzperiodischen Kometen auch nur zur Hälfte erreicht wird. Sie hat zur Folge, dass unser Komet während des grössten Teiles seines Umlaufes sich von dem Planetensysteme und dessen Störungen fernhält; nur in den Gegenden der Knoten seiner Bahn kann er den Planeten nahe kommen. Trotzdem können die Einwirkungen der letzteren verhängnisvoll gross werden. Es trifft sich nämlich, dass der Komet in seinem aufsteigenden Knoten der Peripherie der Venusbahn und im absteigenden Knoten dem Wege des Jupiter sehr nahe kommt. Die Minima der Bahnabstände oder „Proximitäten“ müssen nämlich wegen der grossen gegenseitigen Neigungen von Kometen- und Planetenbahn immer in die Nähe der Durchschnitte der betreffenden Bahnen und bei der geringen Neigung der Planetenbahnen gegen die Ekliptik auch in die Nähe der Knotenlinie der Kometenbahn fallen.“

„Sollen aber die Himmelskörper selbst einander bis auf den Minimalabstand nahe kommen, so muss es sich noch treffen, dass sie sich gleichzeitig in den Bahnnähepunkten befinden. Dies findet in aller Strenge natürlich äusserst selten statt, für die Venus und unseren Kometen hat sich der Fall aber im Jahre 1873 doch nahezu strenge ereignet. Am 9. Oktober jenes Jahres ist nämlich der Abstand der Venus von dem Kometen im Minimum (= 0.140) nur wenig grösser als die Differenz der Radienvektoren in der Schnittlinie der Bahnen gewesen.

Dem Jupiter ist der Komet, wie aus der Arbeit von Professor Harzer: „Brorsen's Komet im Jahre 1842", bekannt ist, am 27. Mai 1842 bis 0.055 nahe gekommen.

Bekanntlich wurde der Komet erst durch diese Jupiternähe in seine jetzige Bahn hineingelenkt; vorher lief er einen stark abweichenden Weg, indem seine Neigung z. B. 46° betrug.

Über die Wiederkehr so gefährlicher Annäherungen lässt sich wegen des starken Einflusses der Bahnänderungen infolge der Störungen für längere Zeit keine sichere Voraussage machen. Vorläufig treffen sich die beiden Gestirne bei jedem zweiten Durchgange des Kometen durch seinen niedersteigenden Knoten, aber die kleinsten Abstände werden immer grösser, und schon jetzt kann von eigentlicher Jupiternähe nicht mehr die Rede sein. Wenn keine Störungen statthätten, so würde die nächste Jupiternähe im Jahre 1937 wiederkommen.

Von den übrigen grossen Planeten kann sich keiner dem Kometen in ähnlichem Grade nähern. Dagegen finden sich unter den Bahnen der kleinen Planeten (1) bis (153) mit den Elementen des Berliner Jahrbuches für 1882, welche mit obigen Kometenelementen für 1879 ungefähr gleichzeitig oskulieren, die folgenden Bahnnähen:

Planet	R′—R
(6) Hebe	+ 0.073
(69) Hesperia	+ 0.043
(105) Artemis	+ 0.107

Da schon eine geringe Änderung in den Elementen diese Werte recht stark beeinflussen, also unter Umständen auch stark verkleinern kann, so kann man die Möglichkeit sogar eines Zusammenstosses nicht ganz in Abrede stellen. Man könnte also den Plan fassen, nach solchen Fällen (und zwar mit genauer zusammengehörigen Elementensystemen) weiter zu suchen, um die Diskordanzen der Umläufe des Kometen zu erklären; man würde dabei die Aufmerksamkeit besonders auf ein gleichzeitiges Zusammentreffen mehrerer Planetoiden mit unserem Kometen lenken. Bei der nach den spektroskopischen Beobachtungen gasigen Natur des Brorsen'schen Kometen wird sich aber die Einwirkung dieser kleinen Körper nicht mit Sicherheit bestimmen lassen, schon aus dem Grunde, weil die Bedingungen für die Lösung der Aufgabe, nämlich die genaueste

Angabe der relativen Lage und Bewegung, nicht erfüllt werden können. Ausserdem ist aber die enorme Kleinheit der in Frage kommenden Asteroidenmassen und die Unwahrscheinlichkeit eines sehr nahen Zusammentreffens zu bedenken. Wir fühlen uns daher veranlasst, nach anderen möglichen Ursachen der unerklärten Störungen des Kometen zu suchen.

Die Diskordanzen des Encke'schen Kometen wurden von Encke selbst durch die Hypothese eines widerstehenden Mittels im Weltraume gehoben. In neuerer Zeit genügt freilich die einfache Encke'sche Hypothese bekanntlich nicht mehr den Beobachtungen. Ist dieses Medium vorhanden, so muss es seine Wirkung auch auf andere Kometen ausüben. Von den periodischen Kometen mit kurzer Umlaufszeit, die hier in erster Linie in Frage kommen, hat aber noch kein anderer ausser dem Encke'schen die notwendige Folge dieser Einwirkung des Mediums, nämlich die Beschleunigung der mittleren Bewegung, gezeigt. Prof. Möller in Lund glaubte, eine Zeitlang, an dem Faye'schen Kometen eine analoge Acceleration gefunden zu haben, und Encke acceptierte diese Ansicht. Aber nach den neueren Untersuchungen von Möller genügen die Planetenstörungen, um den früher gefundenen Unterschieden in der Umlaufszeit Rechnung zu tragen. — Auch v. Oppolzer glaubte, für den Winnecke'schen Kometen den Widerstand eines Weltäthers (durch welche Bezeichnung einer aus verschiedenen Gründen nicht zulässigen Identifizierung mit dem Lichtäther nicht Vorschub geleistet werden soll) annehmen zu müssen. Aber v. Haerdtl findet in seiner Bearbeitung dieses Kometen dazu keine Veranlassung. — Der Biela'sche Komet hat durch seine Teilung und spätere Auflösung diesen Untersuchungen sich entzogen und die Aufmerksamkeit auf ein ganz anderes Gebiet gelenkt.

Die Anhänger des widerstehenden Mittels können geltend machen, dass von allen bisher auf diese Frage hin untersuchten Kometen der Encke'sche die kürzeste Periheldistanz besitzt. Dieselbe hat bei diesem den Wert **0.33**, beim Winnecke'schen **0.89**, beim Faye'schen **1.74**. Man konnte daher annehmen, dass in grösseren Entfernungen von der Sonne die Dichte des Mediums zu gering sei.

Der Brorsen'sche Komet aber rangiert mit seiner Periheldistanz **0.59** gleich nach dem Encke'schen; dies ist ausser der Neigung eine zweite charakteristische Eigentümlichkeit unseres Kometen. Wenn nun bei diesem das Gegenteil einer Beschleunigung statthat, so wird die Hypothese des widerstehenden Mittels überhaupt zweifelhaft. Man müsste schon ganz besondere Annahmen über die Natur und das Verhalten des Mediums machen, etwa besondere Bewegungsverhältnisse desselben. Nach den Untersuchungen von Dr. von Rebeur-Paschwitz: „Über die Bewegung der Kometen im widerstehenden Mittel, mit besonderer Berücksichtigung der sonnennahen Kometen“, müssten diese Annahmen aber sehr gezwungen ausfallen.

Bessel wollte bekanntlich die Erklärung der Beschleunigung

des Encke'schen Kometen durch den Widerstand eines Weltäthers nicht gern acceptieren, sie jedenfalls nicht als einzige Erklärung von Unregelmässigkeiten in der Bewegung der Kometen gelten lassen. Nach seinen „Bemerkungen über mögliche Unzulänglichkeit der die Anziehung allein berücksichtigenden Theorie der Kometen" ist das widerstehende Mittel selbst eine durch anderweitige Beobachtungen nicht gestützte Hypothese, und seine Wirkung auf die Kometen, deren Umfang noch dazu bei ihrem Herabsteigen zu der Sonne unermessliche Änderungen erfährt, kann nur unter gewissen Annahmen über das Gesetz seiner Dichtigkeit berechnet werden. Unter gewissen Annahmen kann man aber auch den Zusammenhang zwischen einer Ausströmung von Teilen der Masse eines Kometen und ihrem Einflusse auf dessen Elemente leicht durch Rechnung verfolgen. Solche Ausströmungen sind wirklich vorgekommen, und die Annahmen über das Verhältnis der abgestossenen Masse zu der ganzen Masse, sowie über die Geschwindigkeit und Richtung der Ausströmungen können in Beobachtungen eine Grundlage finden.

Allgemeiner und umfassender als frühere Astronomen hat neuerdings Seeliger in seiner Abhandlung: „Über Zusammenstösse und Teilungen planetarischer Massen", diese Fragen behandelt. Er weist auf die Meteormassen hin, welche im interplanetarischen Raume in der Hauptsache sich nach den Keppler'schen Gesetzen um die Sonne bewegen. Zusammenstösse von Planeten und Kometen mit kontinuierlichen Strömen solcher Massen werden nicht selten sein. Die Grundgleichungen der Bewegung nach solchen Zusammenstössen gestalten sich für die Kometen, deren Anziehung auf die Meteorschwärme man vernachlässigen, und von deren Massenvergrösserung man absehen kann, so, dass sie im Spezialfalle zu einer Bewegung führen, welche derjenigen im widerstehenden Mittel entspricht. Die Annahme von Zusammenstössen mit Meteormassen leistet also dasselbe, was die Hypothese des widerstehenden Mittels ergiebt. Sie lässt aber ausserdem die Veränderungen in den Widerstandskonstanten und daher Änderungen, sogar sprungweise Änderungen der Beschleunigung erklärlich finden; auch die anscheinend von den Beobachtungen geforderte Abnahme der Einwirkungen mit der Entfernung von der Sonne erklärt sich ungezwungen aus einer Häufung von Meteormassen in der Nähe der Sonne.

Teilungen planetarischer Massen und die diesen entsprechenden Ausströmungen aus Kometen sind aber nach Seeliger als den Zusammenstössen reciproke Fälle anzusehen. Die Ausströmungen haben daher das Gegenteil einer Beschleunigung zur Folge, wenn man nicht entweder die Richtung der Ausströmung von der des Radiusvektors wesentlich abweichen lassen oder die den bisherigen Beobachtungen der meisten Kometen widersprechende Hypothese machen will, dass bei einem betreffenden Kometen im Durchschnitte die Ausströmung vor dem Perihele intensiver war als nach demselben."

Prof. Lamp geht nunmehr auf die Beobachtungen über die

Helligkeit und die Dimensionen des Brorsen'schen Kometen ein. „An diesem Kometen," sagt er, „sind Ausströmungen bisher nicht beobachtet worden, wohl aber sind starke Änderungen in dem Aussehen und den Dimensionen, welche in allen Erscheinungen einige Zeit nach dem Perihele eintraten, für unseren Kometen geradezu charakteristisch. Über die schnelle Lichtzunahme vor, noch mehr über die rapide Abnahme der Helligkeit nach der Sonnennähe sind sich alle Beobachter einig, ebenso über die gleichzeitige und daher wohl auch ursächlich mit der letzteren zusammenhängende Zunahme des Durchmessers der Coma und über das Auftreten von Lichtpünktchen in der Mitte. Da die Angaben hierüber nur dann vergleichbar sind, wenn sie von demselben Beobachter an demselben Fernrohre bei derselben Vergrösserung herrühren, oder wenn derselbe Beobachter wenigstens den Änderungen in dem Instrumente und besonders auch den Verhältnissen der Durchsichtigkeit der Luft, der Mondnähe, der Dämmerung u. s. w. gehörig Rechnung trägt, so übergehe ich alle vereinzelten Notizen hierüber und führe nur einige Bemerkungen der hierin sehr kompetenten Astronomen Bruhns, d'Arrest und Schmidt an.

Bruhns sagt über die Erscheinung 1857 II: „Nach der Entdeckung entwickelte der Komet mit grosser Geschwindigkeit eine bedeutende Helligkeit; obgleich er in der Mitte keinen besonderen Punkt als Kern hatte, war sein mittlerer Teil doch sehr verdichtet und etwa 1′ im Durchmesser. . . . Seine grösste Glanzperiode fiel in die Mitte des April, etwas vor die Zeit der grössten Lichtstärke (es ist die sogenannte theoretische Lichtstärke gemeint), nachher nahm er rasch ab, und als er im Mai die Lichtstärke des 18. März (des Entdeckungstages) hatte, schätzte ich ihn nur halb so hell, als bei der Entdeckung. Die Verdichtung des mittleren Teiles verlor sich, und einen Abend schienen sogar mehrere lichte Pünktchen hervorzuleuchten."

D'Arrest bemerkt in demselben Jahre: „Ich erinnere mich sehr bestimmt der Beobachtungen im März 1846: der Komet schien sich bei seinem Weggange von der Sonne dergestalt aufzulösen, dass man aus diesem Grunde auf der Berliner Sternwarte kaum an eine einstige Wiederauffindung glauben mochte. . . . Zu der rapiden Abschwächung, die damals bei diesem Kometen nicht lange nach dem Periheldurchgange eintrat, trug vielleicht der Umstand bei, dass sich derselbe beim Fortgange von der Sonne stark ausdehnte." Ferner spricht er von der „starken Lichtabnahme, welche bei dem Kometen auch diesmal (1857) überraschend schnell eintrat."

Schmidt giebt sich besondere Mühe, die Änderungen der Dimensionen zu konstatieren. Der Komet „glich (1846) anfangs nur einer formlosen weissen Nebelmasse von 3 bis 4′ Durchmesser. Späterhin nahm der Durchmesser beträchtlich zu; ich schätzte ihn am 25. März auf 8 bis 10′." Die Messungen „lassen deutlich erkennen, dass beide Male (1846 und 1857) der Komet eine ausser-

ordentliche Lichtschwächung nach seinem Perihele erlitt, die mir in so rapider Weise noch an keinem Kometen (deren ich über 50 gesehen habe) vorgekommen ist. Vom 1. bis 22. April 1857 war der Komet stets sehr hell, glänzend weiss und gut zu beobachten. Gegen den 8. bis 12. April glaubte ich ihn mehrfach mit freiem Auge zu sehen. Allein um die Zeit seiner Erdnähe (im Mai) gehörte er zu den schwächsten Objekten, die noch an einem 5-füssigen Refraktor mit lichtstarkem Okulare gesehen werden können." Schmidt konstatierte auch 1868 die ungemein rasche Abnahme des Lichtes und stellte Messungen über die Dimensionen der Coma an, welche er in „Astr. Nachr." 72. p. 67 diskutierte. „Hieraus folgt, dass die Coma sich ausdehnte, als der Komet sich von der Sonne entfernte. Da aber der absolut grösste Wert (des auf die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne reduzierten Durchmessers der Coma) mit der Erdnähe zusammentraf, so folgt, dass bei grossen Entfernungen das äusserste Randlicht nicht mehr bemerkt wird, oder dass wir, der Natur der Sache gemäss, den wahren Betrag der faktischen Vergrösserung des Radius der Coma nicht ermitteln können." Die Erscheinung 1873 VI war Beobachtungen dieser Art, wegen des kleinen geozentrischen Winkelabstandes des Kometen von der Sonne, nicht günstig. 1879 aber fand Schmidt dasselbe Verhalten des Kometen nach dem Perihele.

Nach diesen übereinstimmenden Zeugnissen kann man die starke Lichtentwickelung in der Zeit vor dem Perihele, noch mehr die ungewöhnlich rapide Abnahme des Lichtes und die Zunahme der Dimensionen des Kometen nach der Sonnennähe wohl mit Recht als unzweifelhafte Thatsachen hinstellen und daher vielleicht eine Rückwirkung auf die Elemente des Brorsen'schen Kometen erwarten. Um aber den Sinn und die Grösse dieser Einwirkungen zu berechnen, dazu geben die Beobachtungen leider nicht den nötigen Anhalt. Eine Verlangsamung des Kometen würde sich durch die Annahme erklären lassen, dass die Gestaltsänderungen und Massenversetzungen eine Entfernung des Schwerpunktes von der Sonne bedingten.

Die Nichtübereinstimmung der wirklich beobachteten und der sogenannten theoretischen Helligkeit des Kometen lässt sich am einfachsten durch die Entwickelung von eigenem Lichte erklären. In der That konnte Bruhns eine Polarisation des Kometenlichtes nicht finden, und die spektroskopischen Beobachtungen, welche helle Linien im Spektrum des Kometen nachweisen, konstatieren selbstleuchtende Gase.

Nicht minder auffällig als das Verhalten des Kometen im Verlaufe der einzelnen Erscheinungen sind die ebenso wenig zweifelhaften Verschiedenheiten des Kometenlichtes in verschiedenen Erscheinungen. Prof. Krentz hat in seinem Kometenberichte für 1890 für die Erscheinungen 1846, 1857, 1868 und 1879 kurze Ephemeriden gegeben, welche Prof. Lamp durch diejenige für 1873 ergänzt und zusammenstellt.

Prof. Kreutz äussert sich dann so: „Der Umstand, dass die Umlaufszeit des Kometen nahe 5.5 Jahre beträgt, bewirkt, dass die Perihelоppositionen sich in Frühjahrs- und Herbsterscheinungen teilen. Die ersteren sind für die Beobachtung ausserordentlich günstig, da in ihnen der Komet vermöge der grossen Neigung bis in sehr nördliche Deklinationen hinaufrückt; in den letzteren bleibt derselbe stets nahe dem Äquator und ist, wenn überhaupt, nur in den Morgenstunden, kurz vor Aufgang der Sonne sichtbar. . . .

Was die Helligkeit des Kometen betrifft, so darf als feststehend angenommen werden, dass derselbe 1857 trotz der geringeren theoretischen Lichtintensität bedeutend heller als 1846 gewesen ist. Schmidt in Olmütz glaubt, den Kometen sogar vom 8. bis 12. April 1857 mit blossem Auge wahrgenommen zu haben, eine Helligkeit, die derselbe weder früher, noch später jemals wieder erlangt hat. Im Jahre 1868 war der Komet schwächer als 1857, was aber durch die ungünstigeren Lichtverhältnisse zu erklären ist. In der Opposition 1879 hatte der Komet dieselbe Stellung am Himmel wie 1857 inne; dagegen scheint er, wie schon aus dem früheren Abbrechen der Beobachtungen zu schliessen ist, nicht dieselbe Helligkeit wie früher erreicht zu haben. . . .

Von den ungünstigen Herbstoppositionen ist die einzige, die bisher beobachtet ist, die Erscheinung 1873 VI, Perihel am 10. Oktober. In derselben wurde der Komet am 31. August nach den Ephemeriden von Plummer und Schulze aufgefunden und bis zum 26. Oktober beobachtet. Derselbe war stets schwach, von diffusem Aussehen, ohne merkbare Kondensation. Das Maximum der theoretischen Helligkeit erreichte der Komet Anfang Oktober mit 2.1, eine Helligkeit, in der er 1868 als ein Objekt 8. bis 9. Grösse erschien; doch ist hier seine grössere Lichtschwäche durch die ungünstige Stellung am Morgenhimmel erklärbar."

Nach all' diesem ist es klar, dass die sogenannte theoretische Helligkeit keinen zuverlässigen Massstab für die wirkliche Lichtentwickelung des Kometen giebt, und es ist die Möglichkeit nicht von der Hand zu weisen, dass der Komet im Jahre 1890, obwohl seine theoretische Helligkeit der stärksten der bisher beobachteten Erscheinungen, nämlich derjenigen von 1846 III, entsprach, ein so lichtschwaches Objekt geworden sei, dass er deswegen nicht gesehen werden konnte; dass er aber bei einer späteren Wiederkehr zur Sonnennähe vielleicht unerwartet wieder auftauchen werde."

Im 3. Kapitel giebt nun Prof. Lamp die rechnerische Verbindung der Erscheinungen 1873 und 1879 gemäss sämtlicher vorhandener Beobachtungen und auf Grundlage des Elementensystemes, welches Prof. Schulze durch die Verbindung der Erfahrungen 1868 und 1873 abgeleitet hat. Die Untersuchung führt auf diese Weise zu definitiven Elementen für den 1. Oktober 1873 und 31. März 1879. Im 4. Kapitel wird die Vorausberechnung für 1890 gegeben, wobei von 1879 ab nur die Störungen durch Jupiter und Saturn berück-

sichtigt werden, da in diesem Zeitraume eine Venusnähe nicht stattfand, und die übrigen Planeten nach Lage der Bahn keinen merklichen Einfluss ausüben konnten. Die definitiven Elemente für 1884 weichen von denjenigen, gemäss welcher Hind eine Aufsuchungsephemeride des Kometen für 1884 s. Z. berechnete, wenig ab. Der Komet wurde trotz der Ephemeride indessen, wie schon bemerkt, nicht gefunden, doch war damals auch seine Lage nicht sehr günstig für die Nachsuchung. Günstiger lagen die Verhältnisse 1890. Auch für dieee Wiederkehr war die Aufsuchungsephemeride hinreichend genau, aber der Komet wurde nicht gefunden. Prof. Lamp giebt eine Zusammenstellung über die Nachforschungen nach demselben und bemerkt dazu:

Barnard benutzte den 12-Zoller der Lick-Sternwarte. Es ist bekannt, mit welchem Erfolge dieser Beobachter an diesem Instrumente in der reinen Luft des Mount Hamilton auf dem Gebiete der Kometenbeobachtung gearbeitet hat. Er kommt zu dem Resultate, dass der Komet „excessively faint“ gewesen sein muss oder nirgends in weiter Umgebung der Ephemeridenzone gestanden haben kann.

Bauschinger benutzte den $10^1/_2$-Zoller der Sternwarte in München und hielt sich zuerst mit stärkerem Okulare nahe an die Ephemeride, suchte dann aber mit schwächerem Okulare in weiteren Grenzen. Er ist auf Grund dieser systematischen Nachsuchungen überzeugt, dass sich ein dem $10^1/_2$-Zoller zugängliches Objekt innerhalb der Grenzen von $\pm$ 3° auf dem Wege der Ephemeride nicht gezeigt hat.

Brooks hat in den Monaten Januar, Februar und März viele vergebliche Versuche gemacht, den Kometen zu finden. Die Erfahrung und Geschicklichkeit dieses Kometenentdeckers und die Vorzüglichkeit seines Instrumentes sind bekannt.

Hartwig in Bamberg hat am 6-zolligen Sucher am Orte der Aufsuchungsephemeriden im Umkreise von 1° bis 2° gesucht. Er fand am 14. Februar zwei verdächtige Objekte, welche er am 17. Februar bei nicht günstiger Luft mit dem 10-zolligen Refraktor an ihren Stellen wiederzusehen glaubte. Im März und April waren die Luftverhältnisse besser, die Bemühungen hatten aber auch dann keinen Erfolg.

Renz benutzte den 15-Zoller in Pulkowa (Gesichtsfeld 10′, Vergrösserung 120-fach).

Spitaler hat vom 11. bis 15. Februar mit dem 27-Zoller der Wiener Sternwarte, vom 19. Februar bis 13. März mit dem Äquatoreal condé und vom 14. bis 19. März mit dem 6-zolligen Kometensucher in weiten Grenzen gesucht.

Swift hat mit einem Kometensucherokulare an einem 16-zolligen Refraktor (132-fache Vergrösserung und 31′ Gesichtsfeld) sorgfältig bis weit über die Grenzen der wahrscheinlichen Unsicherheit der Ephemeride hinaus nachgeforscht, aber nichts gefunden. Er ist überzeugt, dass der Komet an Lichtstärke seine „eee F nebulae“ nicht übertroffen haben kann, wenn er überhaupt vorhanden war.

Tebbutt in Windsor N.-S.-Wales, welcher am 26. Februar 1879 den Kometen mit seinem $4^1/_2$-Zoller bei der theoretischen Helligkeit H = 0.62 auffand, hat vom 21. Dezember 1889 bis 22. Januar 1890 (H = 1.05) sorgfältig gesucht, aber nichts gefunden. Die Ephemeride muss nach seiner Überzeugung gröblich falsch gewesen sein, oder der Komet muss seit 1879 sehr stark an Licht verloren haben. Ich selbst habe am 8-zolligen Refraktor der Kieler Sternwarte mit einem Sucherokulare von 85-facher Vergrösserung und 45′ Gesichtsfeld in weitesten Grenzen gesucht und bin hiernach überzeugt, dass der Komet entweder seit den letzten Erscheinungen aus bisher unerklärbaren Ursachen eine ganz andere Bahn eingeschlagen oder eine enorme Einbusse an Helligkeit erlitten hat“.

Sternschnuppen und Meteorite.

Eine Bahnbestimmung des grossen Meteores vom 2. April 1891 hat Prof. G. von Niessl, der um die Meteorkunde hochverdiente Forscher, ausgeführt[1]). Die Beobachtungsmaterialien zur Bahnbestimmung dieses am 2. April 1891, 8^h 55^m mittl. Wiener Zeit beobachteten grossen, detonierenden Meteors sind grossenteils von der k. k. Universitäts-Sternwarte in Wien durch einen Aufruf des Direktors Prof. Dr. Edm. Weiss gesammelt worden. Sie reichen von Prag bis Kesmark in Ungarn und von Reichenberg bis Zeltweg in Steiermark.

Die Feuerkugel wurde zuerst erblickt, als sie 176.8 *km* oder fast 24 geogr. Meilen über den östlichsten Gebieten von Sachsen sich befand, und sie zog dann über die Gegenden westlich von Reichenberg, Gitschin und Pardubitz, ungefähr durch das Zenith der Orte Böhmisch-Leipa, Neubidschow und Chrudim, ein wenig östlich von Tischnowitz und über Brünn. Ungefähr 9 *km* südöstlich von Brünn, 37.3 *km* hoch über dem Dorfe Maxdorf bei Sokolnitz, trat nach einer weithin sichtbaren explosiven Steigerung der Lichtstärke eine — wahrscheinlich nur optische — Teilung in mehrere grössere und kleinere Körper ein, welche jedoch die frühere planetarische Bahn unverändert noch 27 *km* verfolgten. Die am weitesten vorgeschrittenen Körper wurden endlich 27 *km* hoch nördlich von Brumowitz in Mähren gehemmt, wo sie auch erloschen. Detonationen sind hauptsächlich aus dem Quadranten NW von Brünn gemeldet worden.

Der Radiationspunkt ergab sich aus 23 scheinbaren Bahnen in $29.0^0 \pm 2.5^0$ Rektaszension und $55.2^0 \pm 1.2^0$ nördl. Deklination, entsprechend einem Azimute der Bahn von 145^0 und einer Neigung von 27^0.

Die Untersuchung von 27 Dauerschätzungen stellte als unteren Grenzwert der geozentrischen Geschwindigkeit mindestens 24.6 *km* heraus, doch ist es wahrscheinlicher, dass die Meteoriten in die

---

[1]) Sitzungsber. der k. k. Akademie in Wien, mathem.-naturw. Klasse 1892 Nr. 3. p. 9.

Atmosphäre bereits mit einer Geschwindigkeit eintraten, welche 38.8 *km* überstieg. Die heliozentrische Bahn war daher jedenfalls eine Hyperbel. Die heliozentrische Geschwindigkeit ergab sich zu 57 *km*, der kosmische Ausgangsort im Weltraume war in 42° Länge und 14° nördl. Breite. Nahezu ganz denselben Ausgangspunkt hatten die grossen detonierenden Meteore vom 10. April 1874 und 9. April 1876, nämlich 41° Länge und 14° nördl. Breite. Auch eine am 9. März 1875 beobachtete Feuerkugel dürfte demselben Systeme angehört haben.

Die Bahnverhältnisse von Meteoriten, deren Fallerscheinungen mit Sicherheit beobachtet sind, wurden von Prof. G. v. Niessl untersucht[1]). Die Publikation dieser Untersuchungen wurde veranlasst durch eine Arbeit von Prof. Newton in New-Haven.

In der Anlage unterscheiden sich beide Arbeiten zunächst darin, dass Prof. Newton 116 Meteoritenfälle in Betracht gezogen hat, bei welchen die Bewegungsrichtung des Meteors mehr oder weniger genau angegeben worden ist, während Prof. v. Niessl nur 36 Fälle nachweisen kann, deren Bahnen teils sichergestellt sind, teils noch mit einiger Wahrscheinlichkeit abgeschätzt werden konnten. Unter mehr als dreimal soviel derartigen Erscheinungen, deren Beschreibungen er prüfen konnte, hat er die grosse Mehrzahl deshalb ausser Betracht gelassen, weil die betreffenden Angaben teils allzu unbestimmt, teils viel zu widerspruchsvoll erschienen sind, um sie wieder verwerten zu können. Überdies sind ihm die Berichte über einige — aber nur wenige — besser beobachtete Meteoritenfälle vorläufig nicht zugänglich gewesen. Die Thatsachen, welche Prof. Newton aus seinem grösseren, wenn auch teilweise mehr unbestimmten Materiale über die Periheldistanzen, Neigung der Bahnen etc. entwickelt hat, müssen im grossen und ganzen auch aus dem hier vorliegenden gefolgert werden. In bezug auf die kosmischen Verhältnisse, welche aus diesen Erfahrungen gefolgert werden können, sind jedoch Prof. v. Niessl's Anschauungen völlig abweichend von jenen des Prof. Newton, „dessen Schlüssen gewiss beizustimmen wäre, wenn man mit Sicherheit annehmen könnte, dass unsere Erfahrungen der wirklichen Sachlage entsprechen und nicht durch Nebenumstände getrübt und entstellt sind.“ Im III. Abschnitte seiner Abhandlung hat er zu begründen versucht, dass letzteres sich als nicht ganz unwahrscheinlich herausstellt, voraussetzend, dass es nicht unwillkommen sein dürfte, wenn dieser Gegenstand, welcher kosmologisch gewiss sehr wichtig ist, von allen Seiten betrachtet wird.

Zunächst wendet sich Prof. v. Niessl gegen gewisse Ausführungen des Prof. Reusch in Christiania, der aus einer Analyse der Fallzeiten geschlossen hat, dass es Meteoritensysteme von relativ kurzer Umlaufszeit gebe, und insbesondere Beispiele anführt, aus welchen

---

[1]) Verhandlungen des naturf. Vereins in Brünn 29. 1891.

er 6—7-jährige, 12-, 15- bis 30-jährige Umlaufszeiten u. s. w. folgert. Hiernach gelangt dieser zur Erklärung gewisser Erscheinungen in der Struktur der Meteoriten, indem er sagt:

„Eine Folge davon, dass die Bahnen der Meteorsteine von derselben Art, wie die der Kometen sind, würde die sein, dass sie in verhältnismässig kurzer Zeit — einmal in jedem Umlaufe, wenn sie in der Nähe der Sonne waren — starker Erhitzung ausgesetzt wurden; darauf folgt im Weltraume wieder eine Abkühlung. Der Ställdalsmeteorit und die ihm ähnlichen zeigen eine sogar bis zum Schmelzen gehende Erhitzung. Auch andere Beispiele von Meteoriten, die direkte Zeichen von einer starken Erhitzung zeigen, sind früher angeführt worden. Die bei den steinartigen Meteoriten herrschende Bruchstückstruktur, die Chondritstruktur, ist vielleicht eine direkte Folge derselben Umstände. — Während auf der Erde die Temperaturunterschiede wohl selten bis zu 50° C. gehen, muss man sich mit bezug auf die Meteorsteine Temperaturwechsel von 1000° und mehr vorstellen. Es scheint deshalb eine nicht unberechtigte Vermutung zu sein, dass die bei den steinartigen Meteoriten vorherrschende Bruchstückstruktur diesem Temperaturwechsel ihre Entstehung verdankt."

Prof. v. Niessl hat nun bei 36 Meteoriten die Berechnung der Periheldistanz unter dreierlei Annahmen für die Geschwindigkeit, welche den Charakter der Bahn bestimmt, ausgeführt, und innerhalb dieser Grenzen muss die wirkliche Geschwindigkeit unter allen Umständen liegen. „Eine bis zum Schmelzen der Meteoritenmasse gehende Erhitzung wird man wohl erst innerhalb der Merkurbahn annehmen wollen. Hiernach genügt ein Blick auf die Resultate, um sich die Überzeugung zu verschaffen, dass an eine solche fast ausnahmslos nicht gedacht werden kann. Für die Ellipse ist nur ein Perihel kleiner als 0.5, für die Parabel finden sich solcher 4, für die Hyperbel 5. Bei 80% dieser Bahnen fällt die Sonnennähe zwischen die Bahn der Venus und der Erde, ja bei ungefähr 56% beträgt sie nur um $^1/_{10}$ weniger als die Entfernung der Erde von der Sonne.

Nur die Bahn der Meteoriten von Tieschitz kann durch eine zulässige Veränderung des Radianten und durch Supponierung der Geschwindigkeit so gedacht werden, dass dieser ganz aus nächster Nähe der Sonne gekommen wäre. Die blosse Möglichkeit ist aber doch gewiss noch weit entfernt von dem Nachweise der Realität. Und was könnte dieser eine Fall für die Frage im allgemeinen beweisen gegenüber den übrigen durchaus negativen Ergebnissen?"

Die Schlussergebnisse, zu denen Prof. von Niessl kommt, sind daher folgende:

„1. Für 36 untersuchte Meteoritenbahnen erwiesen sich die Periheldistanzen so gross, dass an eine bedeutende Erhitzung im Perihele durch die Sonne nicht zu denken ist.

2. Bei allgemeinen Annahmen über die Lage der Meteoritenbahnen ist die Wahrscheinlichkeit, dass dieselben Periheldistanzen

früher einmal so klein waren, dass derartige Temperaturerhöhungen in der Sonnennähe stattfinden konnten, äusserst gering.

3. Wollte man die Hypothese der Änderungen der Perihel-distanzen wahrscheinlicher machen, so müsste man besondere Voraussetzungen über die Meteoritenbahnen gelten lassen, für deren Realität vorläufig hinlängliche Gründe nicht bekannt sind".

Prof. Reusch hat aus der nahen Identität des Datums der Falltage verschiedener Meteoriten auf die Wahrscheinlichkeit elliptischer Bahnen, also bestimmter Umlaufszeiten, geschlossen. Er sagt: „Von besonderem Interesse sind die Falltage, die so eintrafen, dass man aus ihnen mit einiger Wahrscheinlichkeit für einzelne Meteorschwärme auf eine bestimmte Umlaufszeit schliessen kann. Im Februar sind besonders folgende Fälle zu merken:

19. Febr. 1785 Wittmess;	19. Febr. 1796 Tasquinha;
18. „ 1815 Duralla;	18. „ 1824 Irkutsk;
16. „ 1876 Judesgherry;	16. „ 1883 Alfianello.

Ähnliche Beispiele werden nun noch für verschiedene andere Monate angeführt.

„Solche und ähnliche Aufstellungen", bemerkt hierzu Prof. v. Niessl, „sind schon öfter versucht worden, wie es denn überhaupt nahe liegt, einen Zusammenhang zwischen anscheinend periodisch auftretenden Ereignissen anzunehmen. Es ist jedoch dabei immer grosse Vorsicht zu empfehlen, und ich werde zeigen, dass auch in diesem Falle die Schlussfolgerungen im allgemeinen durchaus nicht zulässig sind. Wenn nämlich die betreffenden Fälle, welchen annähernd gleiche Knoten entsprechen, auch Bahnen gleicher Umlaufszeit, Neigung etc. erweisen sollen, so müssen ganz selbstverständlich auch die Radiationspunkte identisch sein oder doch mindestens nahe beisammen liegen."

Wie weit dies bei den hier untersuchten 36 Meteoritenfällen etwa zutrifft, möge man aus der folgenden Übersicht der scheinbaren Radianten entnehmen, deren Orte zwar mit verschiedener Genauigkeit und mehrfach noch sehr unsicher bestimmt sind, aber immerhin ausreichend genau für diesen Zweck[1]):

	Scheinbarer Radiant: Rektasz.	Deklinat.
1. Januar 1869 (Hessle)	315°	— 12°
30. Januar 1868 (Pultusk)	19	+ 13.5
3. Februar 1882 (Mócs)	264	+ 40
12. Februar 1875 (Marengo)	104	— 30
13. Februar 1839 (Little Piney)	90	+ 12
29. Februar 1868 (Villanova)	340	— 11
10. April 1812 (Toulouse)	205	— 6
15. April 1812 (Erxleben)	139	— 12
17. April 1851 (Gütersloh)	172	+ 48
26. April 1803 (L'Aigle)	310	+ 24

[1]) Das Datum ist hier nach bürgerlicher Zeit, um mit der üblichen Anordnung der Meteoritenverzeichnisse nicht in Widerspruch zu kommen.

	Scheinbares Radiant: Rektasz.	Deklinat.
1. Mai 1860 (New-Concord	103°	— 31°
5. Mai 1869 (Krähenberg)	190	+ 8
6. Mai 1751 (Hraschina)	60	+ 20 5
14. Mai 1864 (Orgueil)	86.5	— 24
20. Mai 1884 (Tysnes)	280	+ 50
22. Mai 1808 (Stannern)	315	— 15
22. Mai 1868 (Slavetic)	157	+ 37
9. Juni 1866 (Knyahynia)	170	+ 55
28. Juni 1876 (Ställdalen)	155	+ 19
14. Juli 1847 (Braunau)	221	+ 55
15. Juli 1878 (Tieschitz)	68	+ 40
17. Juli 1840 (Ceresetto)	151	+ 23
23. Juli 1872 (Lancé)	153	+ 18
24. Juli 1790 (Barbotan)	245	— 24
8. August 1863 (Pillistfer)	167	— 14.5
31. August 1872 (Orvinio)	90	— 14
4. September 1852 (Mezö-Madarasz) . . .	190	0
5. September 1814 (Agen)	358	+ 55
9. September 1831 (Wessely)	254	0
23. September 1873 (Bhawalpur)	334	+ 27
15. November 1861 (Jowa City)	50	— 10
25. November 1833 (Blansko)	52.5	+ 21
1. Dezember 1889 (Czaczak) . . :	27	+ 25
14. Dezember 1807 (Weston)	357	+ 55
21. Dezember 1867 (Rochester)	330	— 11
27. Dezember 1857 (Quenggouk)	47	— 8

„Wie man sieht,“ sagt Prof. v. Niessl, „ist bei der Mehrzahl dieser Gruppen der Abstand der betreffenden Radianten fast ein Viertelkreis und selbst noch grösser. Es kann in allen diesen Fällen an einen Zusammenhang in der von Prof. Reusch angenommenen Weise also auch nicht im entferntesten gedacht werden.“

Bei den grossen Feuerkugeln ist die Zahl der Beispiele mit nahe gleichem Jahrestage des Sichtbarwerdens noch grösser, während die Verschiedenheit der Bahnlage in die Augen springt. Aber auch in gewissen Fällen, wo eine augenscheinliche Übereinstimmung der Radianten mit den Jahrestagen stattfindet, beweist solche noch keineswegs, dass sich die betreffenden Körper in geschlossenen elliptischen Bahnen bewegen, weil in allen diesen Fällen durch die Beobachtungen so grosse Geschwindigkeiten nachgewiesen sind, dass man zur Annahme hyperbolischer Bahnen gezwungen ist. Schon früher hat Prof. v. Niessl 11 Feuerkugeln bezeichnet, welche zwischen dem 5. und 28. November aus dem bekannten Radiationspunkte in der Nähe der Plejaden, im Mittel aus $\alpha = 59^0$, $\delta = + 20^0$ herkamen. Darunter befinden sich 9, für welche die Geschwindigkeit aus Dauerschätzungen ermittelt werden konnte, und diese ergab sich nur in zwei Fällen derart (37—41 *km*), dass man auf eine elliptische Bahn schliessen könnte, wenn diese Bestimmung eine völlig sichere wäre, während sich für die anderen 7 Geschwin-

digkeiten ergeben (53—100 *km*), welche nur die Annahme von Hyperbeln gestatten. Durchschnittlich ergab sich für diese 9 Feuerkugeln eine Geschwindigkeit von nahezu 60 *km*.

Schlussfolgerungen, welche einzig aus der Fallzeit auf die Bahn der Meteoriten und auf „Meteoritensysteme“ gezogen wurden, sind unzuverlässig. Berücksichtigt man etwas mehr als diesen äusserlichsten Teil des Beobachtungsmateriales, berücksichtigt man auch alle Erfahrungen über die Radiationspunkte und die Geschwindigkeit, so gelangt man ebenfalls dazu, Meteorsysteme für wahrscheinlich zu erachten. „Diese scheinen sich jedoch in den betrachteten Fällen nicht eigentlich als planetarische, sondern als stellare zu erweisen. Man muss es einstweilen vorsichtig der Zukunft anheim geben, jene Lücken auszufüllen, welche uns gegenwärtig sichere weittragende Schlüsse nicht gestatten.“ Das ist das Ergebnis, welches Prof. von Niessl aus seinen Untersuchungen zieht.

Die Thatsache, dass Meteoritenbahnen mit kleinen Periheldistanzen nur äusserst selten vorkommen, ist in jeder Beziehung auffallend, und schon Prof. Newton hat darauf hingewiesen. Ähnliche Anomalien zeigen die Bahnen der Meteoriten auch hinsichtlich ihrer Neigung gegen die Erdbahn, und noch bezeichnender ist die grosse Seltenheit rückläufiger Bahnen. Prof. Newton stellte folgende Alternativen auf:

1. dass entweder fast alle Meteoriten im Sonnensysteme sich wirklich in rechtläufigen Bahnen bewegen, sehr wenige in rückläufigen;

2. dass die Meteoriten ebensowohl rückläufige als rechtläufige Bahnen verfolgen, dass jedoch die rückläufigen Meteoriten aus irgend einem Grunde, z. B. wegen ihrer grossen relativen (geozentrischen) Geschwindigkeit nicht im stande sind, die Atmosphäre zu durchlaufen und in fester Form den Erdboden zu erreichen, oder

3. dass die rückläufigen Meteoriten, welche thatsächlich fallen, sich aus irgend einem Grunde (z. B. wegen der Tageszeit oder dgl.) der Beobachtung entziehen.

Der ausgezeichnete amerikanische Astronom beantwortet sodann die 3. Annahme nach sorgfältiger Erwägung mit „nein“, die 2. ebenso und bleibt bei der ersten stehen. Er ist demnach anzunehmen geneigt, dass die Meteoriten eine eigene Klasse der Körper unseres Sonnensystems bilden, welche überwiegend rechtläufige Bahnen mit geringen Neigungen und grösseren Periheldistanzen verfolgen, ungefähr wie die Kometen kürzerer Umlaufszeit. Dass die Meteoriten von diesen Kometen abstammen, ist in der Schlussfolgerung nicht direkt gesagt, aber da Prof. Newton sowohl in dieser als in früheren Abhandlungen die Abkunft der Meteoriten von den Kometen wie eine Sache betrachtet, über welche gewissermassen die Akten geschlossen sind, so ist über seine Meinung kaum ein Zweifel gestattet.

Hinsichtlich der dritten Annahme kommt Prof. v. Niessl zu ähnlichem Resultate, wie Prof. Newton; wenigstens insofern, dass aus der Beobachtungszeit allein diese Anomalien nicht zu erklären wären. Hinsichtlich der zweiten erscheint ihm seine Konklusion nicht zwingend und daher auch die erste Annahme —wenigstens in solcher Allgemeinheit — nicht erwiesen.

In der That haben ihn bisher alle Nachforschungen auf dem Gebiete der Meteorastronomie immer zu dem Ergebnisse geführt, dass die Grösse der geozentrischen Geschwindigkeit einen namhaften Faktor bei Beurteilung dieser Frage darstelle.

Die Annahme, dass rechtläufige Bahnen an und für sich sehr viel häufiger seien als rückläufige, bietet wesentliche Schwierigkeiten, denn es muss, wie Prof. v. Niessl hervorhebt:

a. entweder zum mindesten die allgemeine Einheit der Meteoriten, detonierenden Meteore und grossen Feuerkugeln überhaupt aufgegeben werden oder

b. angenommen werden, dass die Wahrscheinlichkeit rückläufiger Bahnen etwa im umgekehrten Verhältnisse zu den Massen steht, wenigstens so, das die grösseren fast immer rechtläufig, die kleineren auch rückläufig sind. Denn da jene grossen Meteore, welche aus geringerer Elongation vom Apex herkommen, weit seltener wirkliche Steinfälle liefern und auch schon in grösseren Höhen erlöschen als die anderen, muss die Ursache entweder in ihrer kleineren Masse oder, wenn grössere und kleinere Massen gleich wahrscheinlich, in der grösseren Geschwindigkeit gesucht werden. Wenn man aber die zweite Alternative nicht gelten lassen will, bleibt nur die erste.

Die unter a. erwähnte Annahme widerspricht in hohem Grade unseren Wahrnehmungen über diese Erscheinung, jene unter b. ist nur und selbst dann nur schwer aufrecht zu erhalten, wenn man sich die meteorischen Massen durch explosionsartige Zertrümmerung eines Körpers unseres Planetensystems entstanden denkt, welcher sich in rechtläufiger Bahn bewegte. Es ist eine gewagte Argumentation nötig, auf diese Weise die bezeichnete Annahme zu erklären. Diejenigen, welche sich eingehender mit dem Studium dieses Gegenstandes befasst haben, werden jedoch, auch wenn sie für die Meteoriten prinzipiell elliptische Bahnen annehmen, wie Prof. Newton, geneigt sein, ihnen einen ausserplanetarischen Ursprung zuzuschreiben, wie den Kometen. In diesem Falle müssten die geschlossenen Bahnen wohl durch die von den grossen Planeten verursachten Störungen erklärt werden, wie man dies eben auch hinsichtlich einer Gruppe von Kometen zu thun geneigt ist. Allein gegenüber den Massen dieser Planeten sind alle uns bekannten Meteoriten so unbedeutend, dass man nicht einsehen könnte, warum durch diese Störungen die grösseren mehr rechtläufige Bahnen erhalten haben sollen als die kleineren.

„Endlich aber“, fährt Prof. v. Niessl fort, „haben diejenigen, welche für die Meteoriten elliptische Bahnen von kürzerer Umlaufs-

zeit annehmen, eine dieser Hypothese entgegenstehende Thatsache von fundamentaler Bedeutung zu beseitigen oder aufzuhellen. Unter allen zur Erde gefallenen Meteoriten konnte meines Wissens nur für zwei die Geschwindigkeit mit Sicherheit abgeleitet werden, nämlich für die Fälle bei Pultusk und Orgueil, und hierbei hat sich dieselbe beinahe doppelt so gross ergeben als jene der Erde, was bekanntlich nur die Annahme von Hyperbeln gestattet. Der Umstand, dass jenen beiden Nachweisungen keine einzige gleich sichere gegenübersteht, welche aus direkten Beobachtungen auch nur mit einiger Wahrscheinlichkeit die kleine Geschwindigkeit der elliptischen Bahn ergiebt, berechtigt zum Schlusse, dass die Annahme, nach welcher die Meteoriten einer besonderen Klasse in elliptischen Bahnen ziehender Körper angehören, wenigstens in solcher Allgemeinheit nicht gestattet ist.

Für Meteoriten, welche mit sehr geringer Geschwindigkeit in die Anziehungssphäre der Sonne gelangen, also solche Hyperbeln beschreiben, welche der parabolischen Grenze naheliegen, sind die Bedingungen der Störung durch die grossen Planeten ungefähr dieselben wie bei den Kometen. Es gelten also nahezu dieselben Sätze, welche Callandreau jüngst entwickelt hat. Die relative Unwahrscheinlichkeit der nötigen Annäherung an diese Planeten kann durch die Zahl solcher Meteore teilweise ausgeglichen werden, ähnlich wie bei den Kometen. Die Zukunft wird erst lehren, ob es gelingen wird, solche Fälle wirklich nachzuweisen. Vielleicht dürfen wir hoffen, einmal durch Beobachtungen dafür ebenso sichere Belege zu erhalten, als wir solche für das Vorkommen der Hyperbeln schon besitzen.

Ähnliches mag hinsichtlich der Sternschnuppen gelten. Nach dem gemeinen Begriffe hat man unter Sternschnuppen lautlos verlaufende Meteorerscheinungen minderen Ranges verstanden. Später hat dieser Begriff eine Verschiebung erfahren, indem man die Sternschnuppen mit den Kometen in direkten Zusammenhang brachte und ihnen einheitliche Geschwindigkeit zuschrieb.

Der scharfsinnigste Meteorforscher neuerer Zeit, Prof. Schiaparelli, beginnt das IX. Kapitel seiner grundlegenden Untersuchungen mit dem Satze: „Für die Erkenntnis der physischen Weltordnung ist die Frage von der höchsten Wichtigkeit, ob die Sternschnuppen und die Meteoriten einer und derselben Klasse angehören.“ Leider ist die Möglichkeit, diese Frage objektiv nach allen Richtungen zu prüfen, ihm selbst, sowie allen anderen, welche unbedingt an der Autorität dieses ausgezeichneten Astronomen festhalten, unendlich erschwert worden durch einen anderen Satz, welcher das III. Kapitel einleitet, und welcher so lautet: „Wenn auch früher noch irgend welcher Zweifel über die fast vollkommene Gleichförmigkeit der absoluten Geschwindigkeiten existieren konnte, mit welcher die Sternschnuppen den der Erde benachbarten Raum durchlaufen, so ist jetzt dieser Zweifel verschwunden. Wir können mit vollem Vertrauen den Schluss ziehen, dass man diese Geschwindigkeit in jedem

Falle als sehr nahezu gleich der parabolischen setzen kann." „Man kann hier in der That die für die Kometen giltigen Schlüsse auf die Sternschnuppen ausdehnen."

Dieser Schluss gründet sich auf die vorher behandelten Beziehungen mehrerer Sternschnuppenströme, wie insbesondere der sogenannten Leoniden, Perseïden und Andromeden zu bekannten Kometen, sowie auf allgemeine Betrachtungen über die Variation der Sternschnuppen. Allein jene und noch andere Sternschnuppenströme können gar wohl auch als besondere, in ihrer charakteristischen Form kurz andauernde Erscheinungen betrachtet werden, während die Art der täglichen und jährlichen Variation durch jene Meteore bestimmt ist, welche gleichsam sporadisch auftreten. Es ist mir wohl bekannt, wie die Entstehung der sporadischen Meteore aus Sternschnuppenströmen erklärt wird, ich finde jedoch keinen Grund, diese Erklärungen als ausschliesslich zutreffend dann aufrecht zu erhalten, wenn unsere Erfahrungen in vielen Fällen denselben widersprechen."

„Ich habe bis heute," fährt Prof. Niessl fort, „keine Veranlassung gefunden, die Anschauung aufzugeben, dass die Erscheinungen der täglichen Variation quantitativ durch die parabolische Hypothese nicht gut erklärt werden, besser dagegen, wenn man annimmt, dass bei derselben Bahnen hyperbolischen Charakters vorwiegend Einfluss nehmen. Andererseits liegt, wie Dr. Lehmann Filhés gezeigt hat, die Erklärung für die nach den Beobachtungen vermutete Verdichtung der Radianten in der Richtung der Opposition (und Konjunktion) mit der Sonne in dem Auftreten gestreckt elliptischer Bahnen, welche übrigens vom Charakter der Parabeln wenig abzuweichen brauchen. Es hindert uns nichts, für die sogenannten sporadischen Meteore hyperbolische und elliptische Bahnen anzunehmen, unter welchen vielleicht solche, welche sich dem parabolischen Grenzwerte am meisten nähern, die häufigsten sind.

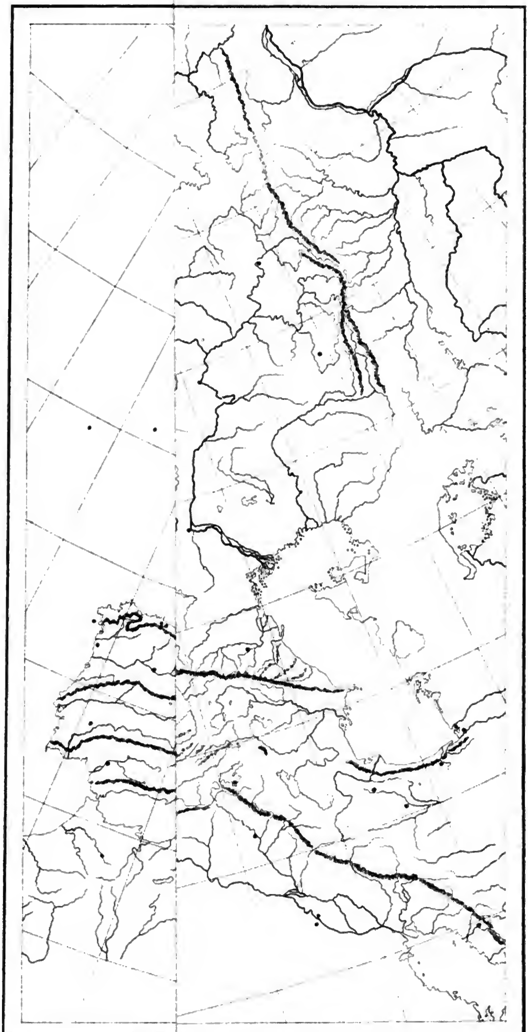
So wie in grosser Entfernung die bedeutende Erscheinung der durch die Atmosphäre ziehenden Meteoriten, detonierenden Meteore und Feuerkugeln den Eindruck von Sternschnuppen verursacht, so kann wohl auch umgekehrt der Erscheinung von Sternschnuppen in einzelnen Fällen ganz dieselbe Ursache zu Grunde liegen. Auch ist es vielfach nachgewiesen, dass gut berechnete Radiationspunkte von grossen Meteoren mit sicher bestimmten Radianten von Sternschnuppen zeitlich und örtlich ganz übereinstimmen. Was sollte uns hindern, beide als Körper derselben Klasse anzusehen, und wenn uns die Beobachtungen für jene hyperbolische Bahnen geben, solche auch für diese gelten zu lassen? Der Zusammenhang der charakteristischen Sternschnuppenströme mit den Kometen muss nicht angezweifelt werden, nur die kosmische Einheit des Sternschnuppenphänomens wird aufgegeben, wenn man, zwischen kometarischen und direkt stellaren Sternschnuppen unterscheidend, letztere den Systemen der-

jenigen Meteoriten zuweist, welche in hyperbolischen Bahnen aus den Sternenräumen bis zu uns gelangen. Die Frage der physischen Einheit der Sternschnuppen bleibt dabei bis zu gewisser Grenze eine offene, sowie auch jene, ob die uns bekannten kometarischen Sternschnuppenströme wirklich auch solche grössere Massen führen, wie solche als Meteoriten zur Erde gelangen. Dass wir darüber noch keinen bestimmten Nachweis besitzen, berechtigt wohl, nicht vorschnell abzusprechen, allein es scheint in der That, dass grössere Massen, wenigstens in den uns am besten bekannten Strömen, nur in verschwindend kleiner Anzahl vorhanden sind.

Es ist schon mehrfach der Umstand hervorgehoben worden, dass auffallend reichliche Sternschnuppenschauer keine nachweisbaren Meteoritenfälle liefern, ja man kann sogar sagen, nicht einmal detonierende Meteore. Diese Thatsache wird mit jeder Wiederholung eines so bedeutenden Ereignisses auffallender, weil sich die Aufmerksamkeit der Astronomen und auch der grossen Menge in solchen Fällen jetzt noch viel mehr als früher dem Himmel zuwendet. Die Leoniden und der Strom, welcher dem Kometen Biela zugeschrieben wird, haben in Zeiten, da die Meteorastronomie sich eines lebhaften Interesses erfreut, uns bereits einige Meteorschauer geliefert, gegen welche die in gewöhnlichen Nächten beobachtete Meteorzahl ganz verschwindend klein ist; aber von einem Meteoritenfalle in den betreffenden Epochen hat man nichts vernommen. Die Leoniden kommen aus der Nähe des Apex, also mit sehr grosser Geschwindigkeit, und enthalten zwar vielfach glänzende, aber nicht tiefgehende Meteore. Vielleicht wird eben das materielle Substrat derselben immer schon in grosser Höhe aufgelöst. Mir ist aus den Epochen der reichsten Leonidenfälle kein Fall eines tiefgehenden detonierenden Meteors bekannt geworden, dessen Radiant auf jenen im Löwen hätte zurückgeführt werden können. Dagegen sind streifenähnliche, durch längere Zeit wahrnehmbare Residuen allerdings nicht gar selten beobachtet worden.

Bei den Andromeden des Biela'schen Kometen ist die geozentrische Geschwindigkeit verhältnismässig gering. Der Radiant liegt in solcher Elongation vom Apex, welche nach unseren Erfahrungen bei den Bahnen der Meteoriten nicht selten ist. Er befindet sich am Nachmittage, noch vor Einbruch der Nacht, in günstiger Stellung über dem Horizonte, so dass der Beachtung des Niederfallens meteorischer Massen keine Schwierigkeiten entgegenstehen; er bleibt in unseren Breiten so ziemlich durch die ganze Nacht über dem Horizonte, so dass die zahllosen gelehrten und naiven Augen, welche das Schauspiel fesselt, reichliche Gelegenheit fänden, grosse nächtliche detonierende Meteore korrespondierend zu beobachten.

Der Meteorschauer am 27. November 1885 lieferte während etwa 6 Stunden eine Meteormenge, welche pro Stunde, mit der mitt-



Klein, Jahrbuch III. Tafel III.

leren stündlichen Zahl im Jahre verglichen, ungefähr das 1000-fache betrug, also während eines Vierteltages mindestens so viel Meteore als durchschnittlich in $^{1000}/_4 = 250$ Tagen oder in etwa $^2/_3$ eines Jahres mit der Erde zusammentreffen. Auf einen solchen Zeitraum entfallen sonst durchschnittlich 2—3 Nachrichten über Meteoritenfälle. Wenn man auch diese Relativzahlen nur beiläufig gelten lassen will, so wäre es doch zu erwarten gewesen, dass sich am 27. November 1885 wenigstens ein Meteoritenfall nachweisbar ereignete. Ganz ähnliches gilt von der früheren grossen Erscheinung dieser Art am 27. November 1872. Es ist aber, wie gesagt, gerade aus diesen Maximalepochen, soviel ich weiss, kein einziger Meteoritenfall bekannt geworden.

Dass reichere Meteoritenfälle, welche sich in den früheren Jahren im Laufe der ersten Dezemberwoche ereignet haben, mit Auflösungsprodukten des Biela'schen Kometen im Zusammenhange stehen können, ist nur eine unerwiesene Vermutung. Übrigens entfallen auf die Tage vom 1. bis 7. Dezember von allen für diesen Monat nachgewiesenen 29 Fällen nicht mehr als 8, was keine besonders auffallende Anhäufung darstellt, denn auf die Woche vom 21. bis 27. Dezember treffen ebenfalls 8.

Für zwei andere sichere kometarische Ströme, die „Perseïden“ und „Lyriden“, welche älter, d. h. minder konzentriert sind, gilt ungefähr das hinsichtlich der „Leoniden“ oben Bemerkte, denn die gezzentrische Geschwindigkeit ihrer Meteore ist ebenfalls sehr bedeutend.

Zwar sind vom 8. bis 15. August 6 Meteoritenfälle überhaupt bekannt, aber dies ist eine auffallend geringe Zahl mit Rücksicht auf den alljährlich und oft sehr reichlich wiederkehrenden Strom. Nachgewiesen ist nur für einen der Radiationspunkt. Die Meteoriten von Pillistfer, am 8. August 1863 nämlich, kamen aus einem Radianten im Löwen weitab vom Perseus.

Ganz das Gleiche, was hier in Beziehung der ausgeprägt kometarischen Ströme zu den Meteoriten gesagt wurde, gilt auch in Hinsicht der detonierenden Meteore.“

Fall- und Fundorte von Meteoriten in Europa. H. Bornitz hat eine sehr verdienstvolle Arbeit hierüber ausgeführt[1]), veranlasst durch die von Prof. Döll nachgewiesenen Fallzonen von Meteoriten in Ungarn und Siebenbürgen. Bezüglich des Details muss auf die Arbeit selbst verwiesen werden. Dieselbe ist begleitet von einer Karte von Europa, die mehr als 460 Fallorte von Meteoriten enthält. Folgendes ist ein von Bornitz gegebenes Verzeichnis von Meteoriten mit genauer bekannten Fundorten oder Fallzeiten.

[1]) Gaea 1892. Heft 8 u. ff.

Jahr	Tag	Ort des Falles oder Fundort	Geogr. Breite	Geogr. Länge von Greenw.
v.Chr.				
		Troja, Klein-Asien	39° 56′	26° 14′ O
476		Aegos Potamos, Thracien . . .	40° 20′	26° 32′ O
216		Praeneste, Latium	41° 48′	13° 0′ O
46		Acilia, s. v. Karthago	35° 10′	11° 5′ O
n.Chr.				
1212	2. Februar	Nowgorod, Russland	58° 32′	31° 18′ O
1257		Würzburg, Bayern	49° 48′	9° 57′ O
1305		Vandans, Vorarlb.	47° 6′	9° 51′ O
1379	26. Mai	Münden, Hannover	51° 25′	9° 39′ O
1421	19. Mai	Nowgorod, Russland	58° 32′	31° 18′ O
1586	15. Dezember	Verden an der Ruhr, Rheinpr. . .	51° 23′	7° 1′ O
16..		Warschau, Russland	52° 15′	21° 15′ O
1622	10. Januar	Tregony, Cornwall, Engl.	50° 16′	4° 57′ W
1634	27. Oktober	Charolles, Saone et Loire, Frankr.	46° 30′	4° 16′ O
1637	6. Dezember	Meerbusen von Vola, Griechenland	39° 22′	22° 57′ O
1646	16. Mai	Kopenhagen, Dänemark	55° 40′	12° 34′ O
1690	2. Januar	Jena, Thüringen	50° 56′	11° 34′ O
1698	18. Mai	Hinterschwendi, Schweiz	47° 5′	7° 45′ O
1704	24. Dezember	Barcelona, Spanien	41° 24′	2° 8′ O
1737	21. Mai	bei der Insel Lissa, Adriat. Meer, ungef.	43°	15° 57′ O
1749	4. November	bei Kap Corrobedo, Spanien . . .	42° 48′	9° 19′ W
1751	gefunden	Steinbach, Königr. Sachsen . . .	50° 25′	12° 40′ O
1755	2. Januar	Tuam, Irland	53° 32′	8° 50′ W
1783	gefunden	Aachen, Rheinprovinz, Deutschland	50° 47′	6° 5′ O
1783	18. März	Shetland, Insel . . . . . etwa	60° 15′	1° 10′ W
1785	13. August	Frankfurt a. M., Deutschland . .	50° 7′	8° 41′ O
1791	20. Oktober	Menabilly, Cornwall, England . .	50° 22′	4° 38′ W
1797	4. Januar	Bjelaja Zerkow, Ukr., Russland .	49° 50′	30° 6′ O
1800	1. April	Steeple-Bumstead, England . . .	52° 3′	0° 27′ O
1801	23. Oktober	Bury St Edmunds, England . .	52° 15′	0° 42′ O
1810	August	Mooresfort, Irland	52° 27′	8° 17′ W
1816		Confolens, Charente, Frankreich .	46° 1′	0° 37′ O
1818	10. August	Slobodka, Smol., Russland . . .	54° 48′	35° 10′ O
1819	5. September	Studein, Mähren	49° 11′	15° 17′ O
1820	gefunden	Lead-Hills, Schottland	55° 17′	3° 46′ W
1820	6. August	Ovelgönne, Oldenburg	53° 21′	8° 24′ O
1820	12. November	Chotmischsk, Kursk, Russland . .	50° 34′	35° 50′ O
1826	15. März	Lugano, Tessin, S. Schweiz . . .	46° 2′	8° 57′ O
1826	August	Galapian, Lot et Garonne, Frankr.	44° 13′	0° 38′ O
1827	gefunden	Newstead, Schottland	55° 37′	2° 47′ W
1828	gefunden	La Caille, Alpes, Frankreich . .	43° 47′	6° 43′ O
1828	Mai	Simbirsk, Russland	54° 17′	48° 22′ O
1831	gefunden	bei Magdeburg	52° 8′	11° 37′ O
1832	29. Juni	Gr. Ozean bei England	49° 10′	5° 45′ W
1834	1. Januar	Zeitz, Deutschland	51° 2′	12° 7′ O
1836	12. Februar	Orval, Manche, Frankreich . . .	49° 3′	1° 29′ W
1836	14. September	Aubres, Drôme, Frankreich . . .	44° 22′	5° 8′ O
1836	8. Dezember	Zuz, Graubünden, Schweiz . . .	46° 39′	9° 55′ O
1838	gefunden	Battersea Fiells	51° 30′	0° 5′ W
1839	20. (29.) Novbr.	Neapel, Italien	40° 45′	14° 15′ O
1840	3. August	Tomaville, Manche, Frankreich . .	49° 27′	1° 29′ W

Jahr	Tag	Ort des Falles oder Fundort	Geogr. Breite	Geogr. Länge von Greenw.
1841	6. September	St. Christophe la Chartreuse . .	46° 51′	1° 47′ W
1842	18. November	Montirender, Loir et Cher, Frankr.	47° 48′	1° 1′ O
1843	gefunden	Badjansk am Asowschen Meere .	46° 48′	36° 43′ O
1843	12. November	Werchne Tschirskaja am Don .	48° 25′	43° 12′ O
1844	21. Oktober	Lessac, n. v. Confolens, Frankreich	46° 4′	0° 38′ O
1847	gefunden	Rittersgrün, Königreich Sachsen .	50° 29′	12° 48′ O
1850	28. Februar	Meinberg, Detmold, Deutschland .	51° 54′	8° 58′ O
1851	Sommer	Quinçay, Vienne, Frankreich . .	46° 3′	0° 10′ O
1852	8. Juli	Wedde bei Groningen	53° 5′	7° 5′ O
1853	4. Mai	Géanges, Marne, Frankreich. . .	48° 57′	4° O
1855	5. Juli	Igast, Livland, Russland	57° 52′	26° 20′ O
1859	12. März	Castilhon, Gironde, Frankreich . .	44° 51′	0° 3′ W
1860	9. Juni	Raphoe, Irland	54° 23′	7° 37′ W
1861	14. Februar	Tocané St. Apré	45° 10′	0° 31′ W
1862	1. Januar	Breslau, Schlesien, Deutschland .	51° 7′	17° 3′ O
1862	1. Oktober	Sevilla, Spanien	37° 24′	6° 1′ W
1863	4. März	S. von Herzogenbusch, Belgien .	51° 17′	5° 22′ O
1863	18. Oktober	Antritsena, Griechenland	37° 30′	21° 52′ O
1864	10. Januar	Brest, Frankreich	48° 23′	4° 32′ W
1864	10. August	Insel Polinos, Griechenland . . .	36° 47′	24° 37′ O
1864	9. September	Tarbes, Pyrénnés, Frankreich . .	43° 18′	0° 23′ O
1865	4. Mai	Vernicout, Cote d'or, Frankreich .	47° 2′	4° 50′ O
1866	gefunden	Ben-Baigh b. Dalmdlington, Schottl.	55° 22′	4° 24′ W
1866	13. September	Tuschkau, Böhmen	49° 47′	13° 15′ O
1867	gefunden	Nödderitz, S.-Altenburg	50° 45′	12° 36′ O
1868	5. September	Briare, Loire, Frankreich. . . .	47° 38′	2° 42′ O
1869	7. Juni	bei der Insel Borkum	53° 59′	26° 19′ O
1870	1. Januar	Marienhafe, n. v. Emden	53° 32′	7° 17′ O
1870	etwa,gefunden	bei Reukioi, Kl.-Asien	39° 59′	26° 19′ O
1870	27. September	zw. Femern und Laaland . . .	54° 36′	11° 15′ O
1871	November	bei Montereau, Seine et Marne .	48° 24′	2° 57′ O
1873	25. März	bei der Insel Samroe, Dänemark .	56°	10° 32′ O
1873	3. Mai	Proschwitz, Österreich	50° 44′	15° 8′ O
1873	14. Mai	Norrbäcke, Schweden	6° 9′	15° 22′ O
1873	17. Juni	bei Zittau, Schlesien	50° 55′	14° 40′ O
1874	10. April	Majelevis bei Tetschen, Böhmen .	49° 51′	15° 5′ O
1874	1. August	Hexham, Northumberland . . .	54° 56′	2° 8′ W
1875	10. Februar	Insel Oleron, Vendée, Frankreich .	45° 57′	1° 17′ W
1875	9. März	Orleans, Frankreich	47° 55′	1° 52′ O
1875	14. September	Supino, Italien	41° 36′	13° 24′ O
1875	September	Mornans, Drôme, Frankreich . .	44° 26′	5° 7′ O
1876	1. Januar	Hjötring, Jütland	57° 26′	9° 58′ O
1876	20. April	Rowton, England	52° 42′	2° 49′ W
1876	7. September	Ringkjöbing, Jütland	56° 6′	8° 14′ O
1877	21. August	Hanau, Deutschland	50° 8′	8° 55′ O
1877	28. August	Köln, Rheinpr., Deutschland . . .	50° 56′	6° 57′ O
1877	26. Dezember	Höhr, Deutschland	56° 27′	7° 38′ O
1878	29. August	Prästö, Insel Meön, Dänemark . .	55° 7′	12° 5′ O
1879	12. Januar	bei Grossenhain, Königr. Sachsen .	50° 7′	13° 49′ O
1879	31. Januar	La Bécasse, Dun le Poël, Frankr.	47° 13′	1° 43′ O
1879	17. Mai	Gnadenfrei, Schlesien	50° 41′	16° 46′ O
1879	7. Juni	Melide, Tessin, Schweiz	45° 57′	8° 57′ O
1879	13. Juli	Herrndorf, Böhmen	50° 18′	14° 12′ O

Jahr	Tag	Ort des Falles oder Fundort	Geogr. Breite	Geogr. Länge von Greenw.
1880	2. November	Blauvais, Frankreich	49° 26′	2° 8′ O
1881		Thymbra, Ebene von Troja . . .	39° 54′	26° 21′ O
1881	8. September	zwischen Bornholm und Rügen .	54° 48′	14° 19′ O
1881	19. November	Sitschawska, Cherson	46° 50′	31° 8′ O
1882	gefunden	Selkirk, Schottland	55° 34′	2° 49′ W
1882	August	Metter, Württemberg	48° 58′	9° O
1883	28. Januar	S. Caprais de Quinsac, Frankreich	44° 47′	0° 20′ W
1883	23. März	Smidar, Böhmen	50° 17′	15° 28′ O
1884	gefunden	bei Innsbruck, Österr.	47° 15′	11° 25′ O
1884	gefunden	Braunfels, Hessen-Nassau	50° 32′	8° 23′ O
1884	12. Februar	Atlant. Meer	49° 30′	15° W
1884	20. Mai	Midt-Vage, Tysnes-Insel, Norwegen	6°	5° 37′ O
1885		Pützchen bei Bonn	50° 45′	7° 11′ O
1885	10. August	Grazac, Haute Loire, Frankreich .	45° 11′	4° 12′ O
1886	4. Februar	Phanax-Kaseli, Kl.-Asien	40° 8′	26° 32′ O
1886	5. Februar	Südl. von Phanax-Kaseli	40° 4′	26° 32′ O
1886	28. Mai	Barntrup, Detmold	51° 59′	9° 7′ O
1886	22. September	Nowy Urej, Pensa, Russland . .	54° 25′	43° 45′ O
1887	3. Juli	Nieder-Bartau, Kurland	56° 22′	21° 33′ O
1887	30. August	Ochansk, Perm, Russland	57° 42′	55° 35′ O
1888	gefunden	S. Juliano de Moreira, Portugal .	41° 46′	8° 40′ W
1888	4. März	Schwachenwalde, Mark	53° 2′	15° 33′ O
1888	13./14. Dezbr.	Niederplais, Kreis Siegen, Rheinpr.	40° 46′	7° 13′ O
1889	3. April	Lunngärd, Schweden	56° 16′	13° 5′ O
1889	18. Juni	Mighea, Cherson, Russland . . .	48°	30° 51′ O
1889	15. Oktober	Freiburg a. U., Thüringen . . .	51° 12′	11° 47′ O
1889	1. Dezember	Cacak, Jeliza-Geb., Serbien . . .	43° 53′	20° 23′ O
1890	gefunden	Haniel-el-Beguel, S. Algier . . .	32° 25′	4° 46′ O
1890	3. Februar	di Collescipoli bei Terni, Umbr. .	42° 34′	12° 38′ O
1890	12. August	Plauen, Schlesien	50° 31′	12° 8′ O
1891	gefunden	Neustadt, Mecklenburg-Strelitz .	50° 23′	11° 36′ O
1891	31. August	Renneker Mühle bei Jagstzelt .	49° 2′	10° 5′ O
1892	29. Februar	Plaimpied bei Bourges, Frankreich	47° 5′	2° 23′ O
?	gefunden	Chotzen, Böhmen	49° 59′	16° 3′ O
?	gefunden	Eisenberg, Sachsen-Altenburg . .	50° 58′	11° 53′ O
		Romy, Poltava, Russland	50° 46′	33° 28′ O
1892	Mitte März	Algier	36° 45′	3° 4′ O
1892	30. od. 31. März	Worms, Hessen-Darmstadt . . .	49° 38′	8° 22′ O

Diamanten in Meteoreisen. In Arizona glaubte man im März des vorigen Jahres auf eine Ader gediegenen Eisens gestossen zu sein und sandte Proben davon an den Geologen Foote. Derselbe erkannte bei genauerer Untersuchung, dass es sich um Meteoreisen handelte, und begab sich im Juni an Ort und Stelle. Der Fundort liegt 16 *km* südöstlich vom Canon Diablo am Fusse einer kreisförmigen, aus Sand- und Kalksteinen gebildeten Erhebung, die den Namen Crater Mountain führt. Dieser Berg ist 132 *m* hoch und hat auf dem Gipfel eine 1—2 *km* im Durchmesser haltende, ziemlich steile Vertiefung, die 15—20 *m* unter das Niveau der umgebenden Ebene abstürzt, also einen sehr deutlichen Krater bildet. Von vulkanischem Gesteine wurde indessen trotz eifrigster Nachforschung

keine Spur gefunden. Dagegen entdeckte man mehrere grössere und kleinere Massen meteorischen Eisens, und zwar meist an der Basis des Kraters. Später fanden sich sogar Stücke von $4^1/_2$ bis $5^1/_2$ Zentnern Gewicht, ausserdem mehr als **130** andere im Gewichte von 2—3 *kg*. Eine Anzahl wurde durch Graben aufgefunden, und auch die drei grössten Massen waren mit Erde und Gras bedeckt. Man kann sich bei Schilderung dieser Verhältnisse kaum des Gedankens entschlagen, dass die kraterförmige Höhlung dort durch Aufschlagen einer sehr grossen meteorischen Masse auf den Erdboden entstanden ist, ein Vorgang, ähnlich demjenigen, durch welchen verschiedene Forscher die Bildung der grossen Mondkrater erklären wollen. Ein Stück des Meteoreisens wurde von König untersucht, der einen vorläufigen Bericht über seine Arbeit der letzten Versammlung amerikanischer Naturforscher vorgelegt hat. Diesem Berichte zufolge ist das betreffende Meteoreisen aussergewöhnlich hart, und nur mit äusserster Mühe, nachdem eine Menge Instrumente beschädigt worden, gelang es, einen Durchschnitt durch dasselbe herzustellen. Dieser Schnitt führte im Inneren auf eine Höhlung, die zur grossen Überraschung des Untersuchenden Diamanten enthielt. Diese letzteren sind klein und schwarz, daneben fanden sich Körnchen von amorpher Kohle, und ein Stück gab, mit Säure behandelt, einen weissen Diamanten von 0.5 *mm* Länge. Ausserdem fand man Troilit und Daubreilit. Die Masse enthielt endlich 3% Nickel. Nach den vorstehenden Angaben, deren Richtigkeit zu bezweifeln kein Grund vorhanden ist, gehört jenes Meteoreisen zu den merkwürdigsten, die jemals gefunden wurden. Erst seit 1887 hat man in Meteorsteinen Diamanten entdeckt, aber dass auch in einem Meteoreisen solche vorhanden sein könnten, hätte niemand vermutet, ja, man durfte es mit guten Gründen für völlig ausgeschlossen halten. Hervorgehoben zu werden verdient, dass schon vor 17 Jahren Meydenbauer die Behauptung aufgestellt hat: „Der Diamant kann nur kosmischen Ursprungs sein, und zwar ist er sowohl zugleich mit dem Urgesteine entstanden wie auch als Meteorit in späteren Perioden der Erdbildung niedergefallen. Eine sachgemässe Untersuchung an den Fundorten würde geeignet sein, ein helles Licht über den dunkelsten Punkt des menschlichen Wissens zu verbreiten.“ Dieser letztere Teil der Behauptung Meydenbauer's, nämlich das Vorhandensein von Diamanten in Meteoriten, hat in den letzten vier Jahren eine glänzende Bestätigung erhalten.

Meteoreisen. Eine beträchtliche Anzahl von meteoritischen Eisenmassen sind von E. Weinschenk und E. Cohen chemisch untersucht worden [1]). Der letztgenannte hat die Ergebnisse seiner Arbeiten an 13 Eisenvorkommnissen dahin zusammengefasst, dass Kupfer ein konstanter, aber stets nur in sehr geringen Mengen ver-

---

[1]) Annalen des k. k. naturhist. Hofmuseums in Wien 1891. **6.** p. 131 u. ff. 1892. **7.** p. 143 u ff

tretener Bestandteil des Meteoreisens ist, während Arsen nicht gefunden wurde. Fraglich erscheint es, ob man berechtigt ist, den ganzen Phosphorgehalt im Meteoreisen auf Phosphornickeleisen zu berechnen; Cohen hält es für wahrscheinlich, dass der gesamte Phosphor auf Schreibersit und Rhabdit zurückzuführen ist.

Fixsterne.

Die Vorarbeiten zur Herstellung der photographischen Himmelskarte. Nachdem auf dem astrophotographischen Kongresse zu Paris 1887 der Beschluss zur Herstellung einer photographischen Himmelskarte endgültig gefasst worden und ausserdem beschlossen worden ist, durch genaue Ausmessung der Photographien einen Katalog aller Sterne bis zur 11. Grösse herzustellen, sind seitens der beteiligten Sternwarten die nötigen Instrumente angeschafft und die Vorarbeiten ausgeführt worden, so dass das grosse Werk in diesem Augenblicke seiner Inangriffnahme entgegengeht. Unter diesen Umständen ist eine Darlegung der bisherigen Vorarbeiten seitens eines in hohem Masse an dem Unternehmen beteiligten Astronomen von Wichtigkeit, und solche hat Dr. J. Scheiner vom astrophysikalischen Observatorium in Potsdam, woselbst ein grosser Teil der Vorarbeiten erledigt worden, veröffentlicht[1]). Er hebt zunächst hervor, dass, um eine vollkommen gute Sternaufnahme zu erhalten, d. h. eine solche, welche bei gegebener Expositionszeit möglichst viele Sterne aufweist bei gleichzeitiger Gewährung grösster Messungsgenauigkeit, folgende Bedingungen zu erfüllen sind: Grösste photographische Lichtstärke bei gegebenen Dimensionen; vollständige Exaktheit in der Fortführung des Instrumentes; Abwesenheit oder Unschädlichmachung von Verzerrungen durch das Objektiv, möglichst hohe Empfindlichkeit der photographischen Platte. Es ist das Verdienst der Brüder Henry in Paris, diese Bedingungen, soweit sie sich auf die mechanischen und optischen Teile des zur Aufnahme der Photographie bestimmten Instrumentes, des photographischen Refraktors, beziehen, zuerst erfüllt zu haben, und so ist denn das Henry'sche Instrument als Norm für alle übrigen zur Herstellung der Himmelskarte bestimmten Refraktoren angenommen worden, und alle Verhandlungen der Kongresse und alle Vorarbeiten haben nur den Zweck gehabt, Vervollkommnungen in Einzelheiten, sowie eine einheitliche Ausführung des ganzen Unternehmens zu erreichen.

„Für eine gute Sternaufnahme", sagt Dr. Scheiner, „hat ein photographischer Refraktor die Hauptbedingung zu erfüllen, während der ganzen, oft stundenlangen Expositionszeit das Bild eines Sternes genau auf demselben Punkte der Platte zu halten. Es ist dies aus zwei Gründen erforderlich, einmal, um völlig runde oder bei den schwächsten Sternen punktförmige Bilder zu erhalten, wie dies zu

---

[1]) Zeitschrift für Instrumentenkunde. **11.** 10. u. 11. Heft.

Messungszwecken durchaus nötig ist, dann aber auch, um möglichste Lichtstärke zu gewinnen, da nur so die später noch genauer zu präzisierende Forderung erfüllt werden kann, das gesamte auf das Objektiv auffallende Licht eines Sternes auf einer möglichst kleinen Fläche der Platte zu vereinigen. Selbst wenn es möglich sein sollte, ein so exakt gehendes Triebwerk für einen Refraktor herzustellen, dass das Fernrohr während längerer Zeiträume der täglichen Bewegung innerhalb der Bruchteile einer Bogensekunde folgte, so würde auch dies nicht genügen, da andere, nicht in der Hand des Mechanikers liegende Ursachen störend einwirken: Unvollkommene Aufstellung des Instruments, Refraktionsänderungen, mit der Lage des Fernrohrs veränderliche Durchbiegung, Temperaturveränderungen u. s. w. Es ist also durchaus erforderlich, während der Expositionszeit die Fortführung des Fernrohrs kontrollieren, bezw. korrigieren zu können, und die Kontrolle muss so beschaffen sein, dass sie für die Festhaltung des nicht direkt beobachtbaren Sternpunktes auf der Platte Garantie leistet. Dieser Zweck lässt sich in mehr oder weniger vollkommener Weise durch verschiedene mechanische Vorrichtungen erreichen."

Das sicherste Verfahren ist das von den Brüdern Henry zuerst angewandte und besteht darin, ein photographisches Objektiv und ein Sucherobjektiv von nahe gleicher Brennweite zu wählen, und beide in einem einzigen Rohre oder Kasten zu vereinigen, so dass alle Änderungen und Durchbiegungen für das optische und photographische System die gleichen sind. Da diese Instrumente geeignet sein sollen, mit beschränktem Gesichtsfelde den ganzen Himmel aufnehmen zu können, so müssen häufig auch schwächere Sterne bis zur 9. Grösse als Haltesterne benutzt werden, und es ist deshalb erforderlich, auch dem Objektive des optischen Fernrohres einen beträchtlichen Durchmesser zu geben. Als Dimensionen für die Instrumente der Himmelskarte sind daher auf der ersten Pariser Konferenz im Jahre 1887 die folgenden vorgeschrieben worden: Öffnung des optischen Objektives 24 *cm*; Öffnung des photographischen 34 *cm*; gemeinschaftliche Brennweite 3.43 *m*. Die letztere ist so gewählt, dass einer Bogenminute 1 *mm* im linearen Masse entspricht.

Alle erforderlichen Korrektionen bei diesem Instrumente werden durch die Feinbewegung des Fernrohres ausgeführt. „Mit welcher Genauigkeit dies geschehen muss, mag daraus hervorgehen, dass Verstellungen von nur einer halben Bogensekunde, falls sie während mehrerer Bruchteile einer Minute wirken, bereits an der Form der Sternscheibchen zu erkennen sind; in linearem Masse ausgedrückt, würde das etwa $^1/_{120}$ *mm* entsprechen. Die Feinbewegungen müssen also sehr exakt funktionieren und sehr bequem zu handhaben sein, da sonst der Beobachter nicht im stande ist, während längerer Zeit den Stern halten zu können. Im allgemeinen muss der Beobachter unverwandt in das Fernrohr hineinsehen, denn wenn auch jetzt

Uhrwerke konstruiert werden, welche völlig frei von merklichen Schwankungen sind und mehrere Minuten lang das Fernrohr mit der erforderlichen Genauigkeit führen, so bleiben doch immer die ganz unvermeidlichen Fehler des Uhrkreises übrig, die kleine Schwankungen des Fernrohres um den richtigen mittleren Gang hervorrufen. Als besonders gute Uhrwerke für die photographischen Refraktoren haben sich bis jetzt die Repsold'schen sogenannten Federpendel gezeigt und die Grubb'schen, auf elektrischem Wege sich selbst korrigierenden Uhrwerke. Wie jede Beobachtungsart, so erfordert auch das Halten der Sterne eine besondere Übung des Beobachters, da es gilt, die eintretenden Abweichungen des Sternes vom Fadenkreuze in möglichst kurzer Zeit zu korrigieren; ein Überlegen über den Sinn und die Grösse der Drehung der Feinbewegung würde schon zu viele Zeit erfordern; es muss dies ganz mechanisch, und ohne dass es zum Bewusstsein kommt, ausgeführt werden."

Dr. Scheiner beschreibt genauer die Einrichtung und Justiervorrichtungen der Kassetten und bezeichnet nach seinen Erfahrungen am Potsdamer Instrumente die Repsold'sche Vorrichtung als ausserordentlich einfach, sicher und exakt. „Selbst bei sehr stabil gebauten Instrumenten werden durch das Aufziehen eines Schiebers oder einer Klappe kleine Erschütterungen hervorgerufen, die besonders bei helleren Sternen Deformationen der photographischen Sternscheibchen bewirken, und es ist deshalb erforderlich, besondere Vorrichtungen anzubringen, welche ein Öffnen oder Schliessen des Instrumentes ohne Stoss oder Erschütterung erlauben. Unter den vielen hierzu verwendbaren Konstruktionen soll hier nur diejenige beschrieben werden, welche am Potsdamer photographischen Refraktor angebracht worden ist, und welche sich sehr gut bewährt hat. Seitlich vom Objektive ist eine Achse parallel zur optischen Achse des Fernrohres befestigt, um welche sich ein Schirm von der Grösse des Objektivs, aus leichten Metallstreifen gearbeitet und mit schwarzer Seide überzogen, derartig bewegen lässt, dass er bei dem einen Anschlage das ganze Objektiv bedeckt, dagegen beim anderen dasselbe völlig frei lässt. Durch ein Gegengewicht ist der Schirm ausbalanciert, so dass er in jeder Lage des Instrumentes sich in der Gleichgewichtslage befindet. Durch eine um die Achse gewundene Spiralfeder hat nun der Schirm die Tendenz, das Objektiv freizulassen, er kann jedoch vor dem Objektive durch eine Arretiervorrichtung gehalten werden. Die Auslösung dieser Arretierung geschieht auf elektrischem Wege vom Okularende aus, und zwar durch einen frei herabhängenden Druckkontakt, so dass der zum Schliessen des Stromes nötige Druck nicht auf das Instrument selbst übertragen wird. Die Stösse beim Anschlagen des Schirmes sind zunächst fast gänzlich durch elastische Anschläge aufgehoben, doch ist dies kaum nötig, da die Stösse nur im Sinne einer Torsion des Fernrohres wirken, gegen welche dasselbe sehr widerstandsfähig ist.

Bei Besprechung der Objektive der photographischen Refraktore

hebt Dr. Scheiner hervor, dass der Begriff der Lichtstärke bei einem solchen etwas anders zu fassen ist, als bei einem optischen. „Zwar“, sagt er, „ist die Forderung scheinbar dieselbe, nämlich alles auf das Objektiv auffallende Licht eines Sternes in einem möglichst kleinen Pünktchen zu vereinigen, sie ist aber für optische Objektive weniger streng aufzufassen, solange man nicht sehr starke Vergrösserungen anwendet. Es ist z. B. — natürlich nur in Hinsicht der Lichtstärke gesprochen — für ein optisches Fernrohr ziemlich gleichgiltig, ob der Durchmesser des Brennpunktbildes 0.5″ oder 1.0″ ist, für ein photographisches Objektiv dagegen bringt eine derartige Differenz einen vierfachen Unterschied in der Lichtstärke in bezug auf die schwächsten, überhaupt noch zur Wahrnehmung gelangenden Sterne hervor. Es ist also bei photographischen Objektiven ganz besonders auf die Vereinigung der für die empfindliche Schicht wirksamen Strahlen zu achten. Aus diesem Grunde sind gewöhnliche optische Objektive für Himmelsaufnahmen nicht zu verwenden, vielmehr muss ein gutes photographisches Objektiv achromatisiert sein für die blauen und violetten Strahlen. Man geht in dieser Beziehung sogar etwas weiter und achromatisiert speziell für diejenigen Platten, welche wesentlich zur Verwendung gelangen, bei Sternaufnahmen ausnahmslos für möglichst empfindliche Bromsilberplatten. Das Maximum der Empfindlichkeit liegt für diese Platten bei G, genauer bei der Wasserstofflinie Hγ, nimmt von da an nach beiden Seiten langsam ab, um nach dem weniger brechbaren Ende des Spektrums hin kurz jenseits F abzubrechen; nach dem violetten Ende hin reicht die Empfindlichkeit beträchtlich weiter und umfasst einen grossen Teil des ultravioletten Spektrums. Man sucht daher die Strahlen von F bis weit über H hinaus in der für die Hγ-Linie geltenden Brennweite nach Möglichkeit zu vereinigen und lässt die Strahlen von F an nach dem roten Ende hin gänzlich unberücksichtigt. Solche Objektive liefern bei kurzen Expositionszeiten kleine runde Sternscheibchen von nahe gleichmässiger Schwärzung bis zum Rande der Scheibchen, an welchem der Abfall der Schwärzung sehr rasch erfolgt, so dass sie bei schwacher Vergrösserung als völlige scharfe Scheibchen erscheinen. Bei den optischen Refraktoren erhält man dagegen stets grössere Scheiben, bei welchen die Schwärzung von der Mitte aus ganz allmählich abnimmt, so dass von einer Begrenzung derselben überhaupt keine Rede sein kann.

Sogenannte orthochromatische Platten sind bei den für die chemisch wirksamen Strahlen achromatisierten Objektiven nicht brauchbar, wegen des Halos, den sie bei Sternen mittlerer und grösserer Helligkeit zeigen, und welcher eine genaue Bestimmung der Sterngrössen unmöglich macht. „Ebenso wichtig“, sagt Dr. Scheiner, „wie die Vereinigung der Strahlen verschiedener Brechbarkeit in einem möglichst kleinen Scheibchen, ist auch diejenige der Randstrahlen mit den von der Mitte des Objektivs herkommenden. Beide Bedingungen lassen sich am exaktesten bei Objektiven von

verhältnismässig grosser Brennweite ausführen, und man gelangt daher zu dem etwas paradox klingenden Schlusse, dass für photographische Refraktoren — natürlich innerhalb gewisser Grenzen — ein starkes Brennweitenverhältnis zu wählen sei. Für die Instrumente zur Herstellung der Himmelskarte ist das sehr geringe Verhältnis 1 : 10 für Öffnung und Brennweite gewählt worden, und in der That sind mit der Anfertigung solcher Objektive, die alle Strahlen in genügender Weise vereinigen und dabei ein brauchbares Gesichtsfeld von mehr als 2° Durchmesser zu liefern haben, sehr grosse Ansprüche an die Geschicklichkeit unserer Optiker gestellt worden, und jedenfalls ist hiermit die Grenze der Möglichkeit erreicht, was sich selbst bei den besten Objektiven der neuen photographischen Refraktoren daraus ergiebt, dass bei einer sehr merklichen Randabblendung des Objektivs, z. B. von 34 *cm* auf 25 *cm*, der Lichtverlust in photographischer Beziehung nur sehr gering ist und nur etwa ein Zehntel einer Grössenklasse beträgt. Der Grund hierfür ist eben in der durch die Abblendung der Randstrahlen geringer werdenden sphärischen Aberration des Objektivs zu suchen; die Sternscheibchen werden bei der Abblendung thatsächlich kleiner. Alle diese Betrachtungen beziehen sich nur auf die Aufnahme von Sternen; bei allen schwachen Objekten mit wahrnehmbarer Flächenausdehnung, also bei Nebelflecken und Kometen, liegen natürlich die Verhältnisse ganz anders. Bei der Aufnahme von Flächen kommt es wesentlich darauf an, eine möglichst grosse Flächenintensität im Fokalbilde zu erzeugen, also eine kurze Brennweite im Verhältnisse zur Öffnung zu verwenden, und da die photographischen Instrumente auch für derartige Objekte geeignet sein sollen, erscheint es gerechtfertigt, dass das Brennweitenverhältnis von 1 : 10 gewählt worden ist.

Die bis jetzt gewonnenen Erfahrungen stimmen mit den obigen Betrachtungen vollkommen überein; es ist bekannt, dass eine einfache photographische Porträtlinse mit dem Brennweitenverhältnisse von 1 : 4 in bezug auf Nebelflecke ausserordentlich viel mehr leistet als die grossen photographischen Refraktoren. Bei der Vergleichung von zwei Aufnahmen derselben Gegend und gleicher Expositionszeit mit einem gewöhnlichen kleinen Kameraobjektive und dem grossen Objektive des Potsdamer photographischen Refraktors erkennt man auf der ersteren Nebel und sogar ihre Details, von denen auf der anderen keine Spur wahrzunehmen ist. Umgekehrt enthalten die letzteren dafür die drei- bis vierfache Anzahl von Sternen.

Für Nebelfleckaufnahmen sind auch Reflektoren sehr gut geeignet, weil man diesen ebenfalls eine sehr kurze Brennweite geben kann, und ferner wegen ihrer vollständigen Achromasie. Bekanntlich besteht das Spektrum der eigentlichen Nebelflecke aus einem schwachen kontinuierlichen Teile und mehreren hellen Linien, von denen die hellste im Grün gelegen ist, bei der Wellenlänge 500 $\mu\mu$. Auf der photographischen Platte kommt also nur das geringe

Quantum der blauen und violetten Strahlen zur Geltung, aber gerade die hellste der Linien bei LW 500 ist beim gewöhnlichen photographischen Verfahren völlig unwirksam, ebenso die hellste Partie des kontinuierlichen Spektrums. In diesem Falle sind also die orthochromatischen Platten mit Vorteil zu verwenden, und bei den Reflektoren kann mit deren Hilfe eine beträchtliche Steigerung der Lichtstärke erzielt werden. Wegen der verhältnismässig starken sphärischen Aberration der Reflektoren sind dieselben dagegen für Sternaufnahmen wieder weniger geeignet.“

Für die Aufnahme der Himmelskarte ist ein benutzbares photographisches Feld von vier Quadratgraden bestimmt worden, innerhalb dessen die Forderung sehr grosser Messungsgenauigkeit zu erfüllen ist. Die Fehler in der Abbildung der Konstellation auf der photographischen Platte sind nun zweierlei Art, einmal rühren sie her von Verzeichnungen durch das Objektiv und ferner von Verziehungen der empfindlichen Schicht nach der Exposition durch das Entwickelungs- und Fixierungsverfahren.

Die Genauigkeit, mit welcher unter dem Mikroskope auf das photographische Bild eines Sternes pointiert werden kann, übertrifft diejenige bei direkter Beobachtung des stets durch die atmosphärische Unruhe bewegten Fokalbildes um ein ganz bedeutendes. Es ist dies auch leicht einzusehen, wenn man bedenkt, dass bei direkter Beobachtung das Auge sich aus den fortwährend wechselnden Stellungen des Bildchens das Schwerpunktsbild vorstellen muss; und es ist eben die Beobachtungskunst, die dies mit mehr oder weniger grosser Genauigkeit zu erreichen versteht. Auf der photographischen Platte bildet sich das Schwerpunktsbild ganz von selbst ab, vorausgesetzt, dass genügend lange exponiert wird, damit thatsächlich alle bei einer gegebenen Luftunruhe möglichen Ortsveränderungen des Bildes auch zur Wirksamkeit gelangt sind. Auf das reell vorhandene Schwerpunktsbild nachher unter dem Mikroskope in aller Ruhe zu pointieren, bietet keine besonderen Schwierigkeiten. Es ist schon darauf hingewiesen, dass dieser ideale Fall bei gewöhnlicher Objektivkonstruktion nur für die nahe der optischen Achse gelegenen Bilder erfüllt ist, und es kann besonders bei kurzen Aufnahmen von wenigen Minuten noch eine weitere Fehlerquelle für exakte Messungen auftreten, welche systematische Pointierungsfehler bei verschieden hellen Sternen erzeugt. Geringe Verstellungen während des Haltens, wie sie häufig selbst bei grösster Aufmerksamkeit des Beobachters nicht zu vermeiden sind, und welche meistens nur in der Richtung der täglichen Bewegung auftreten, kommen bei helleren Sternen noch zur Wirkung auf der Platte und erzeugen eine kleine Deformation der Sternscheibchen. Unterhalb einer gewissen Grenze der Helligkeit der Sterne üben diese Verstellungen aber keinen Einfluss mehr aus; die schwächeren Sterne bleiben auf der Platte völlig rund. Wird sehr lange exponiert, so werden die Scheibchen der hellen Sterne schon so gross, dass überhaupt diese kleinen Deformationen

nicht mehr merklich werden. Es ist nachgewiesen worden, dass auf diese Weise thatsächlich systematische Unterschiede entstehen zwischen den Distanzen gleich heller Sterne und zwischen denjenigen verschieden heller, und es bleibt nichts anderes übrig, als Platten, welche deutlich deformierte Scheibchen besitzen, von den Messungen einfach auszuschliessen. Bei guten Platten aber ist die Messungsgenauigkeit, wenn es sich um kleine Distanzen handelt, entschieden grösser, als sie durch irgend eine andere Messungsmethode erreicht werden kann. Sobald es sich indessen um grössere Distanzen handelt, treten kleine Verzerrungen der Gelatineschicht störend auf, und es gelingt alsdann nur unter sorgfältiger Anwendung eines besonderen Hilfsmittels, mit dem bisherigen genauesten astronomischen Messinstrumente, dem Heliometer, in erfolgreiche Konkurrenz zu treten. Dies Hilfsmittel besteht darin, auf die Platte ein genau bekanntes Netz aufzukopieren, welches, mit der Sternaufnahme gleichzeitig entwickelt, alle Verzerrungen mit zu erleiden hat, welche die Sternkonstellation erfährt, und welches also entweder durch Vergleichung mit dem Originalnetze die Verzerrungen ermitteln oder aber bei geeigneter Feinheit des Netzes dieselben einfacher eliminieren lässt." Die Herstellung eines solchen Gitters war mit nicht unbeträchtlichen Schwierigkeiten verbunden.

Die Schicht, in welcher die Linien gezogen werden, muss absolut durchsichtig sein, gleichzeitig muss sie so zart sein, dass sie gestattet, Linien einzureissen, deren Durchmesser 0.01 *mm* nicht übersteigt, weil sonst schwächere Sterne, die zufällig mit einer Gitterlinie zusammenfallen, durch letztere verdeckt würden. Nach einer Reihe von Versuchen ist es Dr. Scheiner gelungen, auf versilbertem Glase durch besondere Form des Stichels Linien von der gewünschten Feinheit bei völliger Schärfe des Randes herzustellen, welche die gewünschten Bedingungen vollständig erfüllen. Hiernach sind die für die Sternwarten, welche sich an der Himmelskarte beteiligen, bestimmten Gitter zunächst von Wanschaff in Berlin, neuerdings auch von Gautier in Paris geliefert worden.

Da bei längeren Expositionen die Durchmesser der Sterne mittlerer Helligkeit — bis einschliesslich 10. Grösse — so beträchtlich werden, dass die Pointierungen schon etwas ungenauer werden, so ist beschlossen worden, die Aufnahmen für die Himmelskarte und diejenigen für den Katalog getrennt auszuführen. Die letzteren sollen alle Sterne bis zur 11. Grösse enthalten, während die Karte noch die 14. Grösse aufweisen soll, allerdings nach französischer Grössenordnung gerechnet. Es ist deshalb wichtig, die Grenzen dieser Sterngrössen photographisch bestimmen zu können. Aber auch abgesehen hiervon sind für die Ziele, welche Karte und Katalog in letzter Hinsicht bezwecken, bei dem innigen Zusammenhange zwischen Sternhelligkeit und Sternentfernungen und -bewegungen möglichst genaue Helligkeitsbestimmungen der photographisch erhaltenen Sterne von höchster Bedeutung. Während sich einerseits nicht verkennen lässt,

dass die Frage der Helligkeitsbestimmungen in den früheren Beschlüssen der Konferenzen etwas beiläufig behandelt worden ist, muss andererseits eingestanden werden, dass die Erfahrungen und Kenntnisse auf dem Gebiete der photographischen Photometrie selbst jetzt noch nicht genügend sind, um definitive Angaben machen zu können. Für die Beziehungen zwischen den Durchmessern der photographischen Sternscheibchen und der Helligkeit, resp. Expositionszeit sind Formeln aufgestellt worden, die aber nach Dr. Scheiner keine physikalische Bedeutung beanspruchen können, sondern lediglich Interpolationsformeln sind. Er sagt hierüber:

„Es wird entschieden am einfachsten sein, in Zukunft in der photographischen Photometrie von allen Formeln abzusehen und nur graphische Ausgleichungen vorzunehmen, wie man stets in der Astronomie oder Physik thut, wenn die Beziehungen theoretisch noch völlig unaufgeklärt sind. Die Genauigkeit übrigens, mit welcher man aus Sternaufnahmen die Helligkeit der Sterne ableiten kann, sei es nun mit Hilfe der Formeln, sei es durch graphische Ausgleichung, ist eine sehr beträchtliche, welche diejenige bei den besten photometrischen Messungen nicht unerheblich übertrifft.“

Der Einfluss, den die Unruhe der Luft auf das erste Sichtbarwerden der Sterne ausübt, ist erheblich. Das photographische Fernrohr ist bei unruhiger Luft gleichsam lichtschwächer, und zwar nach Dr. Scheiner's Versuchen um $^3/_4$ Grössenklasse. Man ist bisher bei der Bestimmung der Grössenklasse der schwächeren Sterne, welche bei grösserer Expositionsdauer erhalten werden, so verfahren, dass man bei der $2^1/_2$-fachen Expositionsdauer einen Gewinn von einer Grössenklasse annahm, indem man die $2^1/_2$-mal geringere Intensität durch die $2^1/_2$-mal grössere Exposition ersetzen zu können glaubte. So hatte man z. B. praktisch ermittelt, dass für die Instrumente zur Ausführung der Himmelskarte in ungefähr vier Minuten die Sterne der 11. Grösse erschienen, dass also in 26 Minuten die der 13. Grösse erhalten werden würden.

Es ist in der Festsetzung des Verhältnisses $2^1/_2$ die Voraussetzung enthalten, dass die Beziehung für gleichen photographischen Effekt stattfindet. Es bereits darauf hingewiesen, dass dies häufig nicht der Fall ist, doch konnte man nach den bisherigen Untersuchungen annehmen, dass gerade für die ganz geringen Schwärzungen, auf welche allein es in der vorliegenden Frage ankommt, dieses Gesetz sehr nahe erfüllt sei. Dr. Scheiner hat es indessen für nötig erachtet, die Giltigkeit der von dem Komitee festgesetzten Bestimmung zu prüfen. Auch Trépied hat eine solche Prüfung als wünschenswert bezeichnet.

„Verschiedene Erwägungen“, sagt Dr. Scheiner, „hatten mich veranlasst, empirisch an Sternaufnahmen zu ermitteln, inwieweit eine Gleichberechtigung von Intensität und Expositionszeit angenommen werden kann, und ich bin hierbei zu dem überraschenden Resultate gelangt, dass man bei Vermehrung der Expositionszeit um das

$2^1/_2$-fache nicht, wie bisher angenommen, einen Gewinn von einer ganzen Grössenklasse erzielt, sondern nur einen solchen von einer halben. Erst nachträglich bin ich von Prof. Pickering darauf aufmerksam gemacht worden, dass derselbe dieses Resultat auf ganz anderem Wege schon vor vier Jahren gefunden und auch publiziert hat. Pickering hat damals nur geringes Gewicht auf dasselbe gelegt, und so ist es gekommen, dass diese wichtige Erkenntnis, die völlig umgestaltend auf eine Reihe von Beschlüssen der Pariser Konferenz gewirkt hat, bis vor kurzem unbeachtet geblieben ist. Die Bedeutung des Resultates lässt sich durch ein einziges Beispiel leicht klar machen. Nach der bisherigen Annahme glaubte man, bei einer Expositionszeit von etwa 40 Minuten die Sterne der 14. Argelander'schen Grössenklasse auf der Platte zu besitzen, nach der neueren würde man hierzu eine Zeit von $7^1/_2$ Stunden nötig haben!" Durch diese von Scheiner festgestellte Thatsache wird die Bedeutung der photographischen Himmelskarte ganz erheblich verringert, denn es wird praktisch unthunlich sein, über die 12. Grössenklasse hinauszugehen.

Photographische Messungen der Plejadensterne. In den Jahren 1872 und 1874 hat L. Rutherfurd photographische Aufnahmen der Plejaden gemacht, und zwar mittels des 13-zolligen Teleskopes. Die Platten sind genau ausgemessen worden, und zwar wurden Positionswinkel und Distanzen sämtlich auf den Stern 24 p bezogen, der in dieser Beziehung günstigere Verhältnisse darbot als sein heller Nachbar Alcyone. H. Jacoby veröffentlicht nunmehr eine genaue Untersuchung dieser Messungen[1]) und giebt einen Katalog der Positionen von 75 Plejadensternen für 1873. Die Vergleichung mit den Heliometermessungen der Plejaden von Bessel und Elkin ergiebt, dass die photographischen Ergebnisse von höchster Genauigkeit sind und völlig den Vergleich mit den langwierigen und mühevollen heliometrischen Bestimmungen aushalten.

Photographische Aufnahmen der Sterne um β Cygni hat L. Rutherfurd wiederholt ausgeführt. Diese Platten sind teilweise noch unter Rutherfurd's Leitung ausgemessen worden, und die Resultate dieser Arbeit teilt nun Harold Jacoby ebenfalls mit[2]). Sie liefern einen Katalog von 42 Sternen, deren Rektaszension und Deklination für 1875 abgeleitet sind.

Die Photographie der Sternspektra, welche mit den Mitteln des Draper Memorial Fund auf der Sternwarte zu Cambridge N.-A. durchgeführt wurde, ist nunmehr zu einem vorläufigen Abschlusse gelangt[3]). Prof. Pickering hat einen Katalog von 10347 Sternen veröffentlicht, deren Spektra auf 585 Platten fixiert wurden. Die schwächsten dieser Sterne reichen bis zur 9. bis 10. Grösse. Als Ergebnis der speziellen Untersuchungen kommt Prof. Pickering zu folgenden Schlüssen: „Es existiert eine ausgesprochene Ähnlichkeit

[1]) Contrib. from the Observ. of Columbia College New-York Nr. 3. 1892.
[2]) a. a. O. Nr. 4. 1892.
[3]) Ann. of the Astron. Observ. of Harvard College 26. Part. I.

in der Beschaffenheit der verschiedenen Sterne. Ein grosser Teil derselben (die Sterne des I. Typus) zeigt ein Spektrum, das auf den ersten Blick kontinuierlich zu sein scheint, abgesehen davon, dass es von breiten, dunklen Banden durchsetzt ist, die vom Wasserstoffe herrühren. Nähere Betrachtung zeigt, dass auch die K-Linie als feine, dunkle Linie anwesend ist. Wenn die Dispersion stark, und die Schärfe bedeutend ist, sind noch weitere dunkle Linien sichtbar. Diese Linien können in zwei Klassen geteilt werden: erstens solche, welche in vielen Sternen der Milchstrasse, namentlich im Sternbilde des Orion, vorherrschen, und zweitens die im Sonnenspektrum vorhandenen. Nahezu alle helleren Sterne können in eine Reihe gebracht werden, die mit denen des Orion beginnt, in welchen die Nebenlinien nahezu ebenso stark sind, wie die vom Wasserstoffe herrührenden. Andere Sterne findet man, in denen diese Linien nach und nach immer blasser und blasser werden, bis sie verschwinden. Die ausgesprocheneren Sonnenlinien treten dann auf, werden immer stärker, während die Wasserstofflinien verblassen, bis sie allmählich in ein Spektrum übergehen, das mit dem Sonnenspektrum identisch ist; wenigstens scheinen mehrere Hundert Linien identisch zu sein, und ein Unterschied kann nicht entdeckt werden. Verfolgt man die Reihe weiter, so gehen die Spektra allmählich in die des dritten Typus über. Gewisse Banden werden ausgesprochener, und die Spektra des dritten Typus können in drei Klassen geteilt werden; in einer vierten Klasse desselben sind die Wasserstofflinien hell statt dunkel. Dieses Spektrum scheint charakteristisch für die veränderlichen Sterne mit langer Periode, wenn sie ihrem Maximum nahe sind. Dasselbe hat zur Entdeckung mehrerer neuer veränderlicher Sterne geführt und ist bei vielen unter den bekannten veränderlichen bestätigt worden. Geringe Besonderheiten machen sich in den Spektren vieler Sterne bemerkbar, so dass sie nicht in eine strenge Reihenfolge gebracht werden können, aber diese Abweichungen reichen nicht aus, das allgemeine Gesetz zu ändern. Die Zahl der Sterne, die in die obige Klassifikation nicht eingeordnet werden können, ist sehr klein. Einige wenige Sterne, wie η Cassiopeiae, β Lyrae und δ Centauri sind den Sternen des Oriontypus ähnlich, aber mehrere von ihren Linien sind hell statt dunkel. Sterne des vierten Typus, deren Spektra mit dem des Kohlenstoffs identisch zu sein scheinen, sind in die obige Klassifikation nicht aufgenommen. Andere Sterne, deren Spektra hauptsächlich aus hellen Linien bestehen, ähnlich denen der planetarischen Nebel, können mit diesen in eine fünfte Klasse gebracht werden. Es scheint auch, dass die Lage der Linien in beiden Fällen wahrscheinlich identisch ist mit der der entsprechenden Linien in den Sternen des Oriontypus."

Fixsternparallaxen. Dr. Elkin in New-Haven hat mittels des dortigen ausgezeichneten Heliometers eine grosse Zahl hellerer Fixsterne auf ihre jährliche Parallaxe untersucht[1]). Das Ergebnis

[1]) Nature **46.** p. 280.

dieser mühevollen Arbeit ist, dass bei Beteigeuze, Pollux, Regulus, Arktur, Denobe Parallaxenwerte von viel weniger als 0.1″ resultieren, d. h. so kleine, dass sie nicht mehr verbürgt werden können. Für Aldebaran, Capella und Wega finden sich Werte von nahezu 0.1″, die also auch so klein sind, dass sie notwendig sehr unsicher bleiben, Procyon lieferte eine Parallaxe von 0.341″, Atair von 0.214″.

Der neue Stern im Fuhrmanne. Am 23. Januar 1892 14^h mittlerer Zeit von Greenwich entdeckte D. Anderson in dem Sternbilde Auriga einen Stern, der ungefähr so hell erschien als χ Aurigae. Der Ort der Nova ist nach Beobachtungen zu Cambridge, N.-A., für 1900:

Rektaszension $5^h\ 25^m\ 33.3^s$ D. $+\ 30^0\ 22'\ 13.9''$.

Nach Bekanntwerden der Entdeckung fand Prof. Pickering[1]), dass der Stern schon etwa 2 Monate lang dem blossen Auge sichtbar am Himmel stand, ohne dass ihn jemand bemerkte, ja dass er das Maximum seiner Helligkeit schon im Dezember erreichte. Die Gegend des Himmels, in der die Nova sichtbar wurde, ist in Cambridge (N.-A.) mit dem 8-zolligen photographischen Teleskope in der Zeit vom 3. November 1885 bis zum 2. November 1891 nicht weniger als 18-mal aufgenommen worden. Auf keiner dieser Photographien ist der Stern zu finden, obgleich dieselben sogar Sterne 11. Grösse enthalten, und auf einigen sogar Sterne 13. Grösse sichtbar sind. Auf einer Platte, die am 2. November erhalten wurde, zeigen sich sogar zwei Spektra von Sternen 11. Grösse. Sonach ist es höchst wahrscheinlich, dass der Stern während jener sechs Jahre nicht sichtbar war. Anderseits wurden 5 Platten der nämlichen Gegend in der Zeit vom 16. Dezember 1891 bis zum 20. Januar 1892 aufgenommen, sie zeigen Sterne 12. Grösse, und die Nova erscheint auf ihnen so hell als ein Stern 5. Grösse. Eine noch grössere Untersuchung des Himmels wurde während des verflossenen Jahres in Cambridge zu photometrischen Zwecken mit dem sogenannten Transitphotometer unternommen. Die Expositionsdauer beträgt hierbei für jede Zone 2 Sekunden und liefert Sterne bis zur 6. Grösse. In der Zeit vom 21. Oktober bis zum 1. Dezember 1891 wurden 13 Platten erhalten, auf denen der Stern χ Aurigae als 5. Grösse erscheint, von der Nova jedoch keine Spur. In 12 Nächten, vom 10. Dezember 1891 bis 20. Januar 1892, wurden ähnliche Platten erhalten, und auf allen diesen erscheint die Nova deutlich. Ein genauer Vergleich ihrer Helligkeit mit χ Aurigae ist durch Mrs. Fleming ausgeführt worden. Die folgende Zusammenstellung giebt die Grössen der Nova:

10.	Dezember	1891	5.37.	Grösse.	5.	Januar	1892	4.58.	Grösse.
11.	„	„	5.33	„	8.	„	„	4.72	„
13.	„	„	5.22	„	9.	„	„	4.67	„
17.	„	„	4.67	„	16.	„	„	4.96	„
18.	„	„	4.46	„	20.	„	„	5.23	„
28.	„	„	4 55	„					
30.	„	„	4.60	„					

[1]) Astronomy and Astrophysics 1892. p. 228.

Die mittlere Abweichung der Bestimmungen unter einander beträgt nur 0.05. Aus allem Angeführten geht hervor, dass der Stern schwächer als 11. Grösse am 2. November 1891 gewesen sein muss, dass er am 1. Dezember die 6. Grösse erreichte und bis zum 10. Dezember rasch an Helligkeit zunahm. Er wuchs noch weiter bis zum 18. und erreichte sein Maximum am 20. Dezember mit 4.4 Grösse. Darauf begann er langsam abzunehmen mit schwachen Schwankungen der Helligkeit bis zum 20. Januar, wo er etwas unter 5. Grösse war. Alle diese Veränderungen traten ein, ehe der Stern entdeckt war, so dass derselbe nahezu 2 Monate der Beachtung entging, obgleich er während der Hälfte dieser Zeit wahrscheinlich heller als 5. Grösse war. Seit Ankündigung seiner Entdeckung am 2. Februar 1892 ist er auf der Harvard-Sternwarte zu Cambridge (N.-A.) sowohl durch Okularbeobachtungen als auch photometrisch aufmerksam verfolgt worden. Eine wichtige Reihe von Photographien des Spektrums wurde mit dem 11-zolligen Draper-Teleskope erhalten. Auf den Photographien erscheinen verschiedene Linien, darunter F, G, h, K, α, hell; eine genauere Untersuchung zeigt jedoch, dass sie in Wirklichkeit dunkel sind, und nur ihr Rand, nach der Seite der grösseren Wellenlänge hin hell ist. Dies wird bestätigt mit der stärkeren Dispersion, indem die hellen Linien sich als bestehend zeigen aus breiten Bändern, die an dem Rande, welcher der kleineren Wellenlänge zugekehrt ist, scharf begrenzt sind. Diese Breite der Bänder ist nicht etwa einer schlechten Definition zuzuschreiben, da auch zahlreiche feine Linien sichtbar sind. Mehrere dieser Linien, darunter die Linie K und andere, welche dem Wasserstoffe angehören, sind doppelt. Die Separation der Linien deutet auf Unterschiede in der Geschwindigkeit von etwa 370 Kilometern in der Sekunde. „Zwei Erklärungen“, sagt Prof. Pickering am Schlusse seines Berichtes, „sind für das plötzliche Aufleuchten der Sterne dieser Art gegeben worden: die mechanische Theorie, wonach dasselbe durch Annäherung oder Kollision einer kosmischen Masse verursacht wird, und die chemische, gemäss welcher die Helligkeitszunahme auf vulkanische Wirkung zurückgeführt wird. Die Verdoppelung der Linien stützt die erste Hypothese mehr als die zweite.“

Auf der Lick-Sternwarte wurde der neue Stern am 10. und 11. Februar mit dem Spektrometer am 36-Zoller beobachtet, und Henry Crew giebt genäherte Werte für die Wellenlänge einer Anzahl Linien des Spektrums[1]). Nach seiner Ansicht gehört der Stern gemäss seinem Spektrum in die Vogel'sche Klasse IIb mit hellen Linien, die ein Absorptionsspektrum überlagern. Das Spektrum ist ferner von Prof. Campbell am 36-Zoller und am 12-Zoller photographiert worden, ausserdem wurde eine Reihe von Photographien der Umgebung der Nova aufgenommen zu photometrischen Zwecken,

[1]) Astronomy and Astrophysics p. 231.

und es scheint sich aus ihnen zu ergeben, dass merkliche Lichtschwankungen von kurzer Periode bei dem Sterne stattfinden.

Über die Beobachtungen in Potsdam berichtet Dr. Vogel am 29. Februar folgendes[1]): „Was zunächst die direkten spektroskopischen Beobachtungen betrifft, so habe ich am 20. Februar mit einem zusammengesetzten Spektralapparate, der eine Dispersion besitzt, bei welcher im Sonnenspektrum die Nickellinie zwischen den D-Linien eben noch zu erkennen ist, die Nova beobachtet. Es erschienen hell die Wasserstofflinien C, F und $H\gamma$. Ihre Identifizierung gelang mit Hilfe einer vor dem Spalte befindlichen Wasserstoffröhre mit vollkommener Sicherheit. Diese drei Linien koinzidierten nicht genau mit den Linien des Vergleichsspektrums, sondern waren gegen dieselben beträchtlich nach Rot verschoben, trennten sich jedoch nicht vollkommen von den künstlichen Linien, da sie sehr breit waren. Das kontinuierliche Spektrum erschien infolge der verhältnismässig starken Dispersion schwach, und es war mit Bestimmtheit nur die dunkle breite F-Linie zu erkennen, die nach der brechbareren Seite, deutlich von der hellen Linie im Sternspektrum getrennt, gelegen war.

Zwischen C und F konnte eine grosse Zahl heller Linien erkannt werden, die meisten von ihnen waren aber zu schwach, um mit Sicherheit fixiert werden zu können. Bei zwei helleren Linien in der Nähe von F gelangen sehr sichere Wellenlängenbestimmungen, und zwar wurde gefunden 492.5 $\mu\mu$ für die schwächere von beiden Linien, die breit und beiderseitig etwas verwaschen erschien, und 501.6 $\mu\mu$ für die hellere Linie. Die Sicherheit der Bestimmungen ist auf etwa $\pm$ 0.3 $\mu\mu$ anzunehmen, und es geht mit Bestimmtheit aus der Beobachtung hervor, dass die hellere Linie nicht mit der Doppellinie des Luftspektrums oder mit der hellsten Nebellinie zu identifizieren ist. Aus dem Verzeichnisse von Young über die in der Chromosphäre am häufigsten auftretenden Linien ergiebt sich, dass in der Nähe von F nur die zwei Gruppen von Linien W. L. 501.87; 501.59 $\mu\mu$ und 493.44; 494.43; 492.24; 491.92 $\mu\mu$ häufig hell erscheinen. Es unterliegt keinem Zweifel, dass beide Linien in dem Spektrum der Nova Chromosphärenlinien sind, und dieses Resultat scheint mir insofern von grosser Wichtigkeit, als es wahrscheinlich wird, dass die in der Nova Cygni (1876) beobachtete Linie (W. L. 500 $\mu\mu \pm 1$ $\mu\mu$), welche beim allmählichen Erlöschen des Sternes allein übrig blieb, eine Chromosphärenlinie und nicht die Nebellinie gewesen ist.

Es wurden ferner wahrscheinlich die Magnesiumlinien, bestimmt die Natriumlinien hell gesehen, ferner noch zwei Linien zwischen b und D, von denen die eine wahrscheinlich die bekannte und auch im Spektrum der Nova Cygni beobachtete Chromosphärenlinie W. L. 531.72 $\mu\mu$ gewesen ist. Durch direkte Vergleichung mit dem Kohlen-

[1]) Astr. Nachr. Nr. 3079.

wasserstoffspektrum, dessen hellstes Band sehr nahe mit der Gruppe b zusammenfällt, und der Natriumflamme, konnten b und D erkannt werden. Frost konnte eine Verschiebung der D-Linien im Sternspektrum gegen das Vergleichsspektrum wahrnehmen. Von den Kohlenwasserstoffbändern war in dem Spektrum der Nova keine Andeutung vorhanden.

Bisher sind 11 meist sehr gute spektrographische Aufnahmen gelungen; sie sind mit einen kleinen Spektrographen ausgeführt worden, der mit dem photographischen Refraktor von 34 *cm* Öffnung in Verbindung gebracht worden war. Die Zerstreuung ist nur gering, doch ist in dem kleinen 10 *mm* langen Spektrum, welches sich von F bis über H hinaus erstreckt, recht viel Detail zu erkennen. Die Lichtstärke des Apparates ist trotz des engen Spaltes, der angewandt wurde, so gross, dass noch gegenwärtig eine Expositionszeit von 40 Minuten ausreicht, um ein zur Messung brauchbares Bild zu erhalten. Die hellen Wasserstofflinien F, $H\gamma$, h, H_1 und die Calciumlinie H_2 sind sehr breit, und es liegen die entsprechenden dunkeln Linien eines zweiten Spektrums von den hellen Linien aus nach Violett verschoben und trotz der Breite der letzteren von ihnen fast völlig getrennt. Es sind noch einige der im Ultraviolett gelegenen Wasserstofflinien zu erkennen, sie sind aber matt für eine einigermassen sichere Beobachtung.

In den letzten Tagen hat sich das Spektrum insoweit verändert, als in den breiten hellen Linien $H\gamma$, h, H_1 und H_2 (F bildet sich nur ab bei Platten, die für die mittleren Teile des photographischen Spektrums überexponiert sind) zwei Intensitätsmaxima recht deutlich zu erkennen sind, und dass in den daneben liegenden dunklen Linien je eine feine helle Linie aufgetreten ist. Aus den Messungen scheint eine Zusammengehörigkeit dieser Linien mit den Wasserstofflinien ausser Zweifel, und es ist nicht unwahrscheinlich, dass diese linienartigen Aufhellungen in den breiten dunklen Linien Gasausbrüche aus dem Inneren des Körpers, welcher das kontinuierliche Spektrum mit den dunklen Absorptionslinien besitzt, andeuten. Derartige Aufhellungen werden zuweilen im Spektrum der Sonnenflecke beobachtet. Unter dieser Annahme würden die feinen hellen Linien sehr nahe die Mitten der dunklen Linien bezeichnen.

Das Auftreten zweier Intensitätsmaxima in den breiten hellen Linien lässt den Schluss zu, dass zwei Körper mit verschiedener Bewegung Spektra mit hellen Linien besitzen, dass also das Spektrum der Nova aus mindestens drei superponierten Spektren besteht, aus deren Ausmessung in Verbindung mit auf derselben Platte befindlichen Vergleichsspektren von β Aurigae oder β Tauri sowohl die relative Bewegung der drei supponierten Körper gegen einander, als auch die Bewegung derselben relativ zur Erde ermittelt werden kann. Bezeichnet man den Körper, der das Spektrum mit dunklen Linien mit Aufhellungen in der Mitte besitzt, mit a, die beiden anderen mit nur hellen Linien im Spektrum mit b und c, so haben

die Messungen von mir und Dr. Scheiner folgendes ergeben: a — $^1/_2$ (b + c) = 120 Meilen, b — c = 70 Meilen, ferner relativ zur Erde a = — 90 Meilen, b = — 5, c = + 65 Meilen. Dieses Resultat ist noch sehr unsicher und als ein ganz vorläufiges zu betrachten, denn es liegt nahe, dass bei der geringen Ausdehnung der Spektra die Genauigkeit nicht weit getrieben werden kann — eine Verschiebung von 0.01 *mm* entspricht z. B. schon einer Bewegung von 8—12 Meilen je nach der Lage der Linie im Spektrum —, und dass die Grösse des Silberkorns der Photographien einen sehr erheblichen Einfluss auf die Messungen auszuüben vermag.

In dem photographischen Spektrum der Nova sind ausser den erwähnten breiten Linien noch mehrere helle meist sehr breite Linien zu erkennen, deren Wellenlängenbestimmung ich später mitzuteilen gedenke.“

Auf der Sternwarte zu Edinburgh hat Dr. Copeland die Nova aufmerksam verfolgt. Schon in der Nacht des 1. Februar sah er[1]) mit einem kleinen Spektroskope im Spektrum der Nova helle Linien und bestimmte mit Hilfe eines kleinen Vogel'schen Spektroskops am 9. Februar die näherungsweisen Wellenlängen von 10 Linien, wovon C und F, sowie ein helles Band von 519.3 $\mu\mu$ Wellenlänge die hellsten waren. Die scheinbare Helligkeit nach Sterngrössen wurde in der Zeit vom 1. Februar bis zum 1. April sorgfältig geschätzt. Die Ergebnisse sind in einem Diagramme enthalten, welches Verf. vorführt. Hiernach erreichte der Stern zwischen dem 7. und 8. Februar ein Maximum seines Glanzes, und Prof. Copeland betont, dass keine der 4 Novae der neuesten Zeit eine Lichtkurve von solchem Charakter gezeigt habe. Am Tage nach dem Bekanntwerden der Entdeckung unternahm Dr. Becker die spektroskopische Beobachtung am 15-zolligen Refraktor mit einem Grubb'schen Spektroskope, und die Reduktion der gemessenen Linien auf Wellenlängen wurde mit grösster Sorgfalt durchgeführt. Sämtliche gemessenen Linien sind vom Verf. eingetragen, auch gibt er eine Zeichnung die ihre relativen Helligkeiten darstellt. In dem Spektrum sind die Natriumlinien (D) und die beiden Wasserstofflinien C und F vorhanden. Die Linie bei 435.5 $\mu\mu$ ist wahrscheinlich $H\gamma$ und war gerade an der Grenze der Sichtbarkeit. Alle diese Linien waren entschieden gegen das rote Ende des Spektrums verschoben, und aus der Grösse dieser Verschiebungen berechnete Dr. Becker folgende relative Geschwindigkeiten der Lichtquelle gegen die Sonne, resp. Erde pro Sekunde in englischen Meilen:

C + 211, D + 235, F + 290.

Die wahrscheinlichen Fehler für D und F betragen resp. 47 und 31 Meilen. Die sehr helle Linie bei 517.45 $\mu\mu$ liegt innerhalb der Magnesiumlinien b_1 b_2 b_3 und ist wahrscheinlich eine Magnesiumlinie. Da die grosse Intensität des Spektrums im Grün durch

---

[1]) Transactions of the Roy. Soc. of Edinburgh **37.** I. (Nr. 4.)

zahlreiche Linien entstand, von denen mehrere nicht gemessen werden konnten, und welche die Gegenwart von Eisen vermuten liessen, so hat Dr. Becker unter dem Spektrum der Nova die hauptsächlichsten Linien des Eisenbogenspektrums eingetragen, doch glaubt er nicht an ein wirkliches Zusammenfallen beider Spektrallinien, d. h. an das Vorhandensein von Eisen auf der Nova. Dagegen macht er darauf aufmerksam, dass mehrere der hellsten Linien der Nova von ihm auch in dem Spektrum von R Andromedae und R Cygni am 28. Oktober 1889 gesehen wurden, was folgende Zusammenstellung zeigt, worin λ die Wellenlänge in Milliontel Millimetern der Linien bezeichnet, τ ihre relative Helligkeit:

R Andromedae		R Cygni		Nova Aurigae	
λ	τ	λ	τ	λ	τ
—	—	532.3	4	533.0	4
528.6	3	528.9	3	528.0	3
517.1	4	517.0	4	517.4	5
494.5	4	—	—	493.2	5
486.7	6	486.0	6	486.9	6

Die Nova ist auch von William Huggins und dessen Gattin beobachtet worden, und beide haben die Ergebnisse ihrer Untersuchungen der Kgl. Gesellschaft zu London vorgelegt. Aus denselben ist folgendes ein das Wesentliche umfassender Auszug[1]).

Die Beobachtungen begannen am 2. Febr., als der Stern 4.5 Grösse war. Diese Beobachtungen wurden am folgenden Abende und am 5., 6., 22. und 24. Februar, ferner am 15., 18., 19., 20. und 24. März fortgesetzt, so oft der Himmel klar genug war, um weitere Beobachtungen mit blossem Auge zu gestatten. An den beiden Enden des Spektrums wurden die Beobachtungen gewöhnlich mit einem Spektroskope gemacht, das ein dichtes Prisma von 60^0 enthielt, aber die Vergleichungen in den helleren Teilen des Spektrums wurden mit einem stärkeren Spektroskope ausgeführt, das zwei zusammengesetzte Prismen enthielt.

Drei Linien von grosser Helligkeit, etwa den Stellen von $H\alpha$, $H\beta$, $H\gamma$ entsprechend, liessen wenig Zweifel, dass sie vom Wasserstoffe herrührten. Es zeigte sich, dass die entsprechenden Linien einer Wasserstoffvakuumröhre auf diese Linien fielen, ein Zeugnis dafür, dass sie ihren Ursprung in diesem Gase hatten; aber die Linie des Sternes bei F, welche am besten beobachtet werden konnte, zeigte eine grosse Lagenverschiebung nach dem Rot. Die Linie der Vakuumröhre fiel nicht auf die Mitte der Linie, sondern nahe ihrem brechbareren Rande. Die Sternlinie war an ihrer brechbareren Seite um so viel heller, dass der erste Eindruck war, nur diese Seite der Linie könne wirklich $H\beta$ sein, während der weniger helle Teil nach dem Rot zu eine Linie irgend einer anderen Substanz sei, die in die Nähe fällt. Spätere Beobachtungen der Wasserstofflinien in dem

[1]) Nach naturw. Rundschau 1892, Nr. 32.

Sterne liessen jedoch keinen Zweifel, dass, obgleich sie die ungewöhnliche Eigenschaft, doppelt und manchmal dreifach zu sein, zeigten, sie doch ausschliesslich vom Wasserstoffe herrührten. Diese Linien waren ziemlich breit, aber scharf, besonders an dem brechbareren Rande. Ähnlich wie man es im Spektrum des irdischen Wasserstoffes beobachtet hat, war C schmaler als die Linie F, welche wieder weniger breit als $H\gamma$ nahe bei G war.

Als merkwürdige Erscheinung zeigte sich, dass alle hellen Wasserstofflinien und einige andere helle Linien durch eine dunkle Absorptionslinie desselben Gases an der blauen Seite gespalten waren. Die Verschiebung der dunklen Wasserstofflinien nach dem Blau deutete auf eine Geschwindigkeit der Annäherung dieses kühleren Gases, die etwas grösser war als das Zurückweichen des Gases, welches die hellen Linien ausstrahlte. „Wir schätzten," bemerkt W. Huggins, „die relative Geschwindigkeit auf ungefähr 550 englische Meilen in der Sekunde, was auch übereinstimmt mit dem Resultate, welches Prof. Vogel aus Messungen an seinen Photographien erhalten hat.

So weit es uns möglich, dieses zu bestimmen, fand keine grosse Änderung in der relativen Bewegung der die hellen und dunklen Linien hervorbringenden Gase vom 2. Februar bis etwa zum 7. März statt; später war das Sternlicht zu schwach für solche Beobachtungen.

Eine helle Linie, die sich uns bei einer Gelegenheit vorübergehend als doppelte zeigte, erschien etwa an der Stelle von D. Direkte Vergleiche mit einer Natriumflamme, die keinen Zweifel liessen, dass die Linie von dieser Substanz herrührt, zeigten, dass sie, ebenso wie die hellen Wasserstofflinien, nach dem Rot zu verschoben war.

Es ist kaum daran zu zweifeln, dass eine der vier hellen Linien im Grün dieselbe Linie ist, die in der Nova von 1876 erschien und damals für die Hauptnebellinie gehalten wurde. Es wurde grosse Sorgfalt angewendet, um ihre Lage und Eigenschaft genau festzustellen.

Zu diesem Zwecke wurden am 2. und 3. Februar mit dem stärkeren Spektroskope direkte Vergleichungen der Sternlinie mit der hellsten, doppelten Linie des Stickstoffspektrums und auch mit einer Bleilinie angestellt, deren nahe relative Lage zu der Nebellinie genau bekannt ist. Vergleichungen in beiden Nächten und mit beiden Linien zeigten, dass die Sternlinie unbestreitbar weniger brechbar war als die Hauptnebellinie, und in einem viel höheren Grade als die Verschiebung von F im Verhältnisse zum Wasserstoffe. Zu demselben Resultate kamen Prof. Young, Prof. Vogel, Dr. Campbell am Lick-Observatorium, Sedgreaves, Dr. Becker und M. Belopolsky in Pulkowa. Die Lage der Linie im Sterne ist etwa λ 501.4, und die Linie könnte wohl eine nahe bei diesem Orte liegende sein, welche oft am Sonnenrande hell erscheint. Es mag noch hinzugefügt werden, dass, obgleich drei schwache helle Linien im Stern-

spektrum nicht weit von dem Orte der zweiten Nebellinie gesehen wurden, keine von ihnen für jene Linie gehalten werden kann. In der That hat man kein sicheres Zeugnis dafür, dass die Hauptnebellinie ohne die zweite Linie vorkommt. In einigen Fällen meiner früheren Beobachtungen der Nebel, in denen ich das Spektrum als nur aus einer Linie bestehend aufzeichnete, bin ich seitdem durch bessere Instrumente in den Stand gesetzt worden, die zweite und dritte Linie ebenso gut zu sehen. Der Ursprung der zweiten sowie der Hauptnebellinie ist nicht bekannt. Prof. Keeler hat gezeigt, dass die zweite Nebellinie nicht mit der doppelten Linie des Eisens, der sie sehr nahe ist, zusammenfällt. Die Schlussfolgerung, dass das Spektrum der Nova nicht verwandt ist mit dem der helllinigen Nebel, würde, wenn eine weitere Bestätigung noch nötig wäre, bekräftigt werden durch die Abwesenheit einer sehr starken ultravioletten Linie (die gewöhnlich im Spektrum des Orionnebels gefunden wird) in einer Photographie, die wir vom Spektrum des neuen Sternes aufnahmen.

Vergleichung mit der Kohlenwasserstoffflamme und mit Kohlenoxyd. Die hellste Linie im Spektrum der Nova, mit Ausnahme von F, fällt in die Nähe des hellsten Randes des grünen Streifens der Kohlenwasserstoffflamme. Direkte Vergleichungen zeigten, dass die Sternlinie ein wenig nach der roten Seite des Streifenrandes fiel, aber, wenn man eine Verschiebung des Sternspektrums in Rechnung zieht, würde der Ort der Linie nahe sein, wenn auch nicht zusammenfallen mit dem hellsten Rande des Streifens.

Der Charakter der Sternlinie lässt indessen keinen Zweifel über diesen Punkt, denn sie ist vielfach die hellste und schärfste Linie auf der blauen Seite, im Gegensatze zu dem Streifen, der an der roten Seite scharf begrenzt ist und nach dem Blau zu allmählich verblasst. Wenn uns noch irgend eine Unsicherheit darüber blieb, so wurde sie vollständig beseitigt, als wir im Sternspektrum keine hellen Stellen fanden, die den anderen Streifen der Kohlenwasserstoffflamme entsprechen. Ein helles Band im Blau fiel gerade jenseits des Streifens in dieser Gegend. Dieses Band hat vielleicht denselben Ursprung wie ein ähnliches Band in einigen der Wolf-Rayet-Sterne.

Wir folgern daraus, dass das Spektrum der Nova nicht mit dem gewöhnlichen Spektrum der Kometen verwandt ist.

Wir fanden bei direkter Vergleichung, dass die ganz verschiedene Reihe von Streifen, die für das Kohlenoxydspektrum charakteristisch ist, durch keine entsprechenden hellen Stellen im Spektrum der Nova vertreten wurde.

Es war nicht grundlos, zu vermuten, dass die Sternlinie ihren Ursprung im Magnesium habe, dessen dreifache Linie bei b fast auf dieselbe Stelle fällt. Die Vergleichung zeigte jedoch, dass die Sternlinie auf das brechbarere Paar der drei Magnesiumlinien fiel und es an beiden Seiten leicht, an der blauen Seite ein wenig mehr,

überragte. Bedenkt man, dass mit der benutzten Auflösung die drei Linien gut getrennt wurden, dass wir aber vergebens nach diesen in dem Sterne suchten, und dass ferner, wenn die wahrscheinliche Verschiebung des Sternspektrums nach dem Rot zu in Anschlag gebracht wird, die Sternlinie eher mehr nach der blauen Seite des brechbareren Paares der dreifachen Linie fallen würde, so halten wir es für wahrscheinlich, dass die Sternlinie einen anderen Ursprung hat. Die Sternlinie ist vielfach; es war aber schwer, sie mit einem genügend engen Spalte zu beobachten. Eine dünne und scharfe helle Linie wurde deutlich an der blauen Seite der etwas breiten Sternlinie gesehen, aber der übrige und weniger helle Teil der Linie konnte nicht sicher bestimmt werden; nur bei einer Gelegenheit konnte man mehr als nur vermuten, dass er aus mehreren Linien bestand.

Wir halten dies für einen Beweis dagegen, dass die Sternlinie ihren Ursprung im Magnesium hat, besonders da in der Nova weder entsprechend helle Linien beobachtet wurden an den Stellen der anderen starken Linien des Funkenspektrums des Magnesiums, noch in unserer Photographie an der Stelle der starken, ein wenig mehr als H brechbaren Magnesiumlinie.

Für die dritte helle Linie in dem Grün der Nova, welche F am nächsten steht, und die wenigst helle der Linien in dieser Region ist, fand sich eine Wellenlänge von etwa λ 4921. Eine grosse Anzahl von hellen Linien wurde ausserdem im Spektrum gesehen.

Wir beobachteten auch eine Linie, die etwas brechbarer als D ist, deren Lage, wenn sie für die Verschiebung des Spektrums korrigiert wird, diejenige von D_3 oder doch sehr nahe daran ist; ferner eine helle Linie unterhalb C, und andere zwischen C und D.

Am 2. und 3. Februar füllten Gruppen von zahlreichen hellen Linien das Spektrum zwischen b und D, welche weniger leicht gesehen wurden, da der Stern erblich. Das kontinuierliche Spektrum erstreckte sich, als der Stern am hellsten war, von unterhalb C bis so weit in das Blau, als das Auge verfolgen konnte, nämlich bis zu einer kleinen Entfernung jenseits G.

Das sichtbare Spektrum der Nova wie besonders die Umkehrung von H und K und der vollständigen Reihe der Wasserstofflinien im Ultraviolett lassen uns im Vereine mit der wahrscheinlichen Anwesenheit von D_3 einen ähnlichen Zustand vermuten, wie wir ihn in den heisseren Eruptionsmassen auf der Sonnenoberfläche haben. Auf einer Photographie einer Protuberanz, die am 4. März 1892 aufgenommen ist, und die ich von M. Deslandres erhielt, sind nicht nur H und K und die vollständige Reihe der Wasserstofflinien umgekehrt, sondern es erscheinen drei helle Linien, jenseits welcher sich noch brechbarere Glieder derselben Reihe befinden mögen.

Photographie des ultravioletten Teiles des Spektrums. Am 22. Februar und 9. März nahmen wir Photographien des Sternes

mit einem Metallspiegel und einem Spektroskope auf, dessen optischer Teil aus isländischem Spate und Quarze besteht.

Die Photographie, die am 22. Februar bei einer Exposition von $1^3/_4$ Stunden aufgenommen wurde, überraschte uns, indem sie eine Ausdehnung des Sternspektrums in das Ultraviolett zeigte, fast bis zu der Grenze, welche die Absorption unserer Atmosphäre dem Lichte der Himmelskörper setzt.

Nicht nur die Wasserstofflinien nahe bei G und bei h, sondern auch H und K, zusammen mit der vollständigen Reihe, welche in weissen Sternen dunkel erscheinen, treten hell hervor, jede mit ihrer entsprechenden Absorptionslinie auf der blauen Seite. In der Helligkeit dieser Linien kommen einige Ungleichheiten vor, besonders in der Linie δ, welche heller ist als γ oder β, was wahrscheinlich davon herrührt, dass Linien anderer Substanzen in ihre Nähe fallen. In dieser Nacht wurde K von einer Absorption gefolgt, welche weniger stark war als die Absorption bei H.

Jenseits der Wasserstoffreihe ist das Spektrum reicher an hellen Linien, welche in den meisten Fällen von Absorptionslinien begleitet sind. Wegen der langen Erstreckung des Spektrums, das auf der Platte sich abgebildet hat, ist der Massstab notwendigerweise klein, und aus diesem Grunde, wie wegen der Schwäche des brechbareren Teiles des Spektrums, wenn es unter dem messenden Mikroskope beobachtet wird, können die Orte, die den stärkeren Gruppen gegeben sind, als nur annähernd angesehen werden.

Der anscheinend vielfache Charakter der Linien. Am 2. Februar bemerkten wir, dass die F-Linie nicht in ihrer ganzen Breite gleichmässig war, und wir kamen zu dem Schlusse, dass sie, nicht ganz symmetrisch, durch eine sehr schmale, dunkle Linie geteilt sei. Die brechbarere Komponente war heller und etwas breiter als die andere. Späterhin im Februar waren wir sicher, dass kleine Veränderungen in dieser Linie stattfanden, und dass die Komponente auf der blauen Seite nicht länger das Übergewicht besass. Wir vermuteten in der That manchmal, dass die Linie dreifach war, und gegen Ende Februar und Anfang März blieben wir nicht länger im Zweifel, dass sie in drei helle Linien geteilt war durch zwei sehr schmale, dunkle Linien.

Ähnliche Änderungen, die den Linien einen anscheinend vielfachen Charakter geben, werden nicht nur in den hellen Linien gesehen, sondern auch in Absorptionslinien auf gleichzeitigen Photographien, die von dem Spektrum des Sternes genommen wurden.

Professor Pickering benachrichtigte mich, dass auf einer Photographie, die in Cambridge, U. S., am 27. Februar aufgenommen wurde, H, K und α dreifach sind, und dass Miss Maury verzeichnete, „die dunklen Wasserstofflinien zeigten sich doppelt und manchmal dreifach durch das Erscheinen von feinen, hellen Fäden, die sich auf die dunklen Banden legten.“

Um diese Erscheinungen mit der Annahme zu erklären, dass jede Komponente der hellen und dunklen Linien hervorgebracht werde durch Emission oder Absorption von Wasserstoff, der sich mit verschiedener Geschwindigkeit bewegt, würde ein kompliziertes System von sechs Körpern notwendig sein, die sich alle verschieden bewegen.

Eine viel annehmbarere Erklärung bietet uns das Umkehrungsphänomen, welches sehr gewöhnlich ist bei den Eruptionen der Sonnenoberfläche und im Laboratorium.

Professor Liveing teilte mir mit, dass er und Professor Dewar in ihren Untersuchungen mit dem Bogentiegel Fälle antrafen, in denen wegen der ungleichen Ausdehnung der hellen Linie an den beiden Seiten die schmale, umgekehrte, dunkle Linie nicht auf die Mitte der breiteren, hellen Linie fiel, sondern sie unsymmetrisch teilte. Diese Wirkung zeigte sich deutlich in Photographien, die sie vom Zinkspektrum aufnahmen. Unsymmetrische Teilung der Linien durch Umkehrung müsse gleichfalls eintreten, wenn die kälteren und wärmeren Teile des Gases eine relative Bewegung in der Gesichtslinie haben würden.

Diese Beobachter trafen auch doppelte Umkehrungen an. Bei einem Experimente von Professor Liveing, als kohlensaures Natron in den Bogen eingeführt wurde, sah man die umgekehrten D-Linien als ein breites, dunkles Band mit einem hellen, verschwommenen Bande in der Mitte. Als das Natrium verdampfte, verschmälerte sich das Band, und die helle Linie in der Mitte zeigte eine zweite Umkehrung in sich. Das war ein Fall von dreifacher Umkehrung. Es scheint kaum zweifelhaft zu sein, dass der mehr oder weniger geteilte Charakter — bisweilen unsymmetrisch — der hellen und dunklen Linien der Nova, welche beständigen Veränderungen zu unterliegen schienen, davon herrührte, dass auf die breiteren Linien schmale umgekehrte Linien, helle oder dunkle, je nachdem, fielen. Es muss daher in jeder Hypothese, welche die Erscheinungen des neuen Sternes erklären soll, für Bedingungen Sorge getragen werden, die solchen Umkehrungen günstig sind.

Abnahme des Sternes. Die erste Aufzeichnung dieses Sternes war sein Erscheinen als ein Stern 5. Grösse auf einer zu Cambridge, U. S., am 10. Dezember 1891 aufgenommenen Platte. Kein Stern bis zu 9. Grösse wurde an seiner Stelle auf einer von Dr. Max Wolf am 8. Dezember aufgenommenen Platte gefunden. Kombinieren wir die photographischen Grössen, die zu Greenwich erhalten wurden, mit den Grössenbestimmungen durch das Auge an dem Universitätsobservatorium zu Oxford und von Stone und Knott, so finden wir, dass während des Februar und der ersten wenigen Märztage das Licht des Sternes sehr langsam, aber mit fortwährenden, bedeutenden Schwankungen von ungefähr 4.5 Grösse bis zur 6. Grösse abnahm. Nach dem 7. März beruhigten sich die auffallenden Hin- und Herschwankungen seiner

Lichtintensität, welche wahrscheinlich veranlasst waren durch begleitende Bewegungen infolge seines Ausbruches, und der Stern fiel rasch und regelmässig bis nahe zur **11.** Grösse am **24.** März, und dann bis zu **14.4** Grösse am 1. April. Am **26.** April jedoch war er noch sichtbar auf dem Harvard-Observatorium als Stern **14.5** Grösse.

Wir beobachteten sein Spektrum zum letzten Male am **24.** März, als er nahe auf **11.** Grösse gesunken war. Wir konnten noch die Hauptzüge seines Spektrums erkennen. Die vier hellen Linien im Grün wurden deutlich gesehen und schienen ihre relative Helligkeit behalten zu haben; F war die hellste, dann die Linie nahe bei b, ihnen folgten die Linien bei λ **5015** und λ **4921.** Spuren des kontinuierlichen Spektrums waren noch zu sehen.

Allgemeine Schlüsse. Unter den Hauptbedingungen, welche eine Theorie zur Erklärung der merkwürdigen Erscheinungen des neuen Sternes erfüllen muss, steht die Deutung der stetigen, ohne wesentliche Änderung herrschenden, grossen relativen Geschwindigkeit von etwa **550** Meilen in der Sekunde in der Gesichtslinie zwischen dem Wasserstoffe, der die hellen Linien aussandte, und dem kälteren Wasserstoffe, der die dunklen Absorptionslinien hervorrief.

Wenn wir zwei gasförmige Körper oder solche mit Gasatmosphären annehmen, die sich nach einer grossen Annäherung in Parabel- oder Hyperbelbahnen von einander entfernen, während unsere Sonne nahezu in der Achse der Bahnen liegt, so könnten die Bewegungskomponenten beider Körper in der Gesichtslinie, nachdem sie herumgeschwungen waren, wohl so schnell sein wie die an dem neuen Sterne beobachteten, und es für lange Zeit so bleiben ohne grosse Änderung der relativen Geschwindigkeit. Leider fehlt jede Nachricht über die Bewegungen der Körper in der kritischen Zeit, denn das Ereignis, durch welches der Stern plötzlich hell wurde, war bereits **40** Tage früher erfolgt, bevor irgend welche Beobachtungen mit dem Spektroskope gemacht wurden.

Die Analogie mit den veränderlichen Sternen langer Perioden würde die Ansicht aufkommen lassen, dass die grosse Annäherung der beiden Körper von der Natur einer periodischen Störung gewesen ist, die in langen Zwischenräumen in einem zusammengesetzten Körpersysteme entsteht.

Die grosse relative Geschwindigkeit der Komponenten der Nova scheint jedoch viel eher hinzuweisen auf eine zufällige, grosse Annäherung von Körpern, die vorher eine beträchtliche Bewegung besessen haben. Eine derartige genügende Annäherung zweier Körper von grosser Ausdehnung ist sehr viel weniger unwahrscheinlich als ihre wirkliche Kollision. Die Erscheinungen des neuen Sternes erlauben uns kaum, auch nur eine teilweise Kollision anzunehmen; doch wenn die Körper sehr ausgedehnt waren oder die Annäherung nahe genug, so kann wohl ein gegenseitiges Durchdringen und Ver-

mengen der dünneren Gase in der Nähe ihrer Grenzen möglich gewesen sein.

Eine annehmbarere Erklärung der Erscheinungen kann man jedoch finden in einer Ansicht, die vor vielen Jahren von Klinkerfues aufgestellt und jüngst von Wilsing entwickelt ist, dass unter diesen Umständen einer grossen Annäherung enorme Störungen nach Art von Gezeiten verursacht werden, die wohl zur teilweisen Umgestaltung der gasförmigen Körper führen und genügend grosse Druckänderungen in dem Inneren der Körper hervorrufen können, um enorme Eruptionen der heisseren Materie in ihnen zu veranlassen, unendlich grössere, aber in ähnlicher Weise, wie die Sonneneruptionen.

Bei einer solchen Lage der Dinge würden wir für das Auftreten von Umkehrungen, die beständigem Wechsel unterliegen, ähnlich den durch die hellen und dunklen Linien der Nova dargebotenen, günstige Bedingungen haben; anderseits würde die Vereinigung des Lichtes von allen Teilen der gestörten Oberflächen der Körper breite Linien geben und die mannigfachen Ungleichheiten der Helligkeit auf beiden Seiten der Linien erklären. Die Quelle des Lichtes des kontinuierlichen Spektrums, auf welchem die dunklen Absorptionslinien gegen das Blau verschoben gesehen wurden, muss hinter dem kühleren, absorbierenden Gase geblieben sein; in der That muss es mit ihm den Körper gebildet haben, der sich uns näherte, wenn wir nicht annehmen, dass beide Körper sich genau in der Gesichtslinie bewegten, oder dass das absorbierende Gas eine grosse Ausdehnung hatte.

Der Umstand, dass der zurückweichende Körper helle Linien ausstrahlte, während der sich uns nähernde ein kontinuierliches Spektrum mit breiten Absorptionslinien gab, ähnlich wie ein weisser Stern, mag vielleicht dadurch erklärt werden, dass beide Körper in verschiedenen Entwickelungsstadien sich befanden und folglich sich in Ausdehnung und Temperatur unterschieden. In der That haben wir wahrscheinlich in dem veränderlichen Sterne β Lyrae ein solches Doppelsystem, dessen eine Komponente helle Linien giebt und die andere dunkle Absorptionslinien. Wir müssen indessen eine ähnliche chemische Beschaffenheit für beide Körper annehmen, und dass sie unter genügend ähnlichen Bedingungen existierten, um gleichartige dunkle und helle Linien in ihren respektiven Spektren zu zeigen.

Wir haben keine Kenntnis von der Entfernung der Nova, aber die Vermutung ist nicht unwahrscheinlich, dass ihre Entfernung von derselben Grössenordnung war, wie die der Nova von 1876, für welche Sir Robert Ball keine Parallaxe entdecken konnte. In diesem Falle war die plötzlich, sicherlich in zwei Tagen, möglicherweise in ein paar Stunden, auftretende Lichtemission wahrscheinlich viel grösser als die unserer Sonne; denn in etwa fünfzig Tagen, nachdem die Nova entdeckt war, Ende Januar, fiel ihr Licht auf fast $^1/_{800}$ und in ungefähr drei Monaten auf fast $^1/_{1000}$. Solange

ihr Spektrum beobachtet werden konnte, blieben die Hauptlinien ohne wesentliche Änderung ihrer relativen Helligkeit.

Unter welchen Bedingungen könnten wir uns aber vorstellen, dass die Sonne sich so abkühlte, dass ihr Licht sich in so kurzer Zeit bis auf einen gleichen Grad verminderte, ohne dass ein wesentlicher Wechsel in ihrem Spektrum stattfände? Es ist kaum denkbar, dass wir es hier mit einer Umwandlung der Gravitationsenergie in Licht und Wärme zu thun haben. Nach der obigen Theorie können das schnelle Sichbesänftigen (nach einigem Hin- und Herschwanken) der Gezeitenstörungen und das Wiedereinschliessen der äusseren und kühleren Gase, zusammen mit dem Mangel an Durchsichtigkeit wohl ganz gut das sehr schnelle und zuerst merkwürdig fluktuierende Erbleichen der Nova, als die Körper sich trennten, und auch das beobachtete Fehlen von Änderungen in ihrem Spektrum erklären.

Ich darf vielleicht bemerken, dass die Ansicht von Dr. William Allen Miller und mir über die Nova von 1866 wesentlich ähnlich war, namentlich insofern, als wir sie einer Gaseruption zuschrieben. Die grosse Plötzlichkeit des Aufleuchtens dieses Sternes, wahrscheinlich innerhalb weniger Stunden, und das rasche Abnehmen von der Grösse 3.6 zu 8.1 in neun Tagen, liess uns die fernere Ansicht aufstellen, dass wohl chemische Vorgänge zwischen den ausgeschleuderten Gasen und der Aussenatmosphäre des Sternes zu seinem plötzlichen, vorübergehenden Glanze beigetragen haben; eine Ansicht, welche zwar nicht unmöglich, die ich aber jetzt bei unseren gegenwärtigen Kenntnissen über Lichtveränderungen der Sterne nicht geneigt wäre, aufzustellen."

Im zweiten Drittel des August wurde die Nova, nachdem sie fast bis zur Unsichtbarkeit herabgesunken war, langsam wieder heller. Corder fand den Stern am 31. August etwa 9.2 Grösse mit monochromatischem Spektrum. Küstner in Bonn schätzte ihn am 31. August wieder so hell wie am 21. März. Am 30. August wurde der Stern auf der Sternwarte zu Greenwich photographiert[1]). Dr. Ristenpart in Karlsruhe fand ihn am 1. September zu 9.65 Grösse der Bonner Skala, nahezu ebenso hell schätzte ihn am 3. September F. Kroeger in Kiel, und am folgenden Abende, bei besserer Luft, fand er den Stern noch 3 Stufen heller, am 6. September etwa 2 Stufen schwächer als tags vorher. Prof. Barnard hat am 19. August die Nova am 36-Zoller der Lick-Sternwarte untersucht. Er erblickte sie als kleinen hellen Nebel mit sternartigem Kerne 10. Grösse. Der Nebel war 3″ gross, und es schien ihn eine 30″ im Durchmesser haltende, feine Nebulosität zu umhüllen.

Franz Renz von der Sternwarte zu Pulkowa bemerkt[2]) über seine Wahrnehmungen folgendes:

„Als ich am 7. September den 15-Zoller auf den neuen Stern

---

[1]) Astron. Nachr. Nr. 3111.
[2]) Astron. Nachr. Nr. 3119.

in Auriga richtete, fiel mir sein eigentümlich verwaschenes, kometenähnliches Aussehen auf. Eine genauere Prüfung dieser Erscheinung wurde durch den niedrigen Stand des Mondes und die durchsichtige Luft an diesem Abende sehr begünstigt. Bei 310-maliger Vergrösserung liess sich nur das unruhige Flackern und verschwommene Aussehen des Sternes konstatieren; als ich jedoch, zum Zwecke einer weiteren Verdunkelung des Feldes, stärkere Okulare anwandte, war um die Nova, trotz der ausgezeichneten Bilder und im Gegensatze zu dem ziemlich stark begrenzten Nachbarsterne eine Nebelaureole deutlich erkennbar. Im nördlichen Teile derselben schien hin und wieder ein Sternchen aufzuleuchten, was wohl durch eine stärkere Verdichtung der Nebelmasse zu erklären sein dürfte. An den beiden folgenden Tagen waren die Erscheinungen in demselben Masse, als der Mond sich dieser Himmelsgegend näherte, weniger ausgeprägt, doch wurde noch am 8. September das Vorhandensein einer Nebelhülle von Belopolsky und Serafimoff mit Bestimmtheit bestätigt.

Durch Vergleiche mit dem 1′ nördlicheren und 4^s folgenden Sterne, dessen Grösse ich 10.0 schätze, liess sich die Helligkeit der Nova wie folgt bestimmen:

7. September. Nova 0.1 Grössenklasse schwächer als der benachbarte Stern.

8. September. Helligkeit sehr wechselnd; sie schwankt zwischen 9.8 und 10.5.

9. September. Nova um 0.2 Grössenklasse schwächer als der Stern 10.0^m; Licht bleifarben.

Am 9. September beobachtete Belopolsky die Nova am 30-Zoller mit einem Vogel'schen Okularspektroskope. Das Spektrum zeigte ein höchst eigenartiges Bild. Von dem äusserst schwachen kontinuierlichen Spektrum hob sich eine leuchtende Linie ab, an Intensität fast dem Sterne selbst, wie er sich im Okulare zeigte, gleichkommend. Eine spätere Bestimmung gab ihre Wellenlänge = 501 $\mu\mu$. Eine andere Linie im weniger brechbaren Teile des Spektrums war von sehr wechselnder Helligkeit. Noch einige weitere Linien schienen angedeutet zu sein.

Offenbar haben wir es hier mit einem schwach leuchtenden festen Körper zu thun, umgeben von einer ausgedehnten glühenden Gashülle, die dem Sterne das nebelartig verwaschene Aussehen verleiht."

Prof. Pickering bemerkt[1]), dass auf der letzten, am 21. März erhaltenen Photographie des Spektrums der Nova (als diese 11. Grösse war) die Wasserstofflinien G, F, H und W sichtbar waren (hier geordnet nach ihrer relativen Helligkeit). Am 2. September, nach dem Hellerwerden des Sternes, zeigten sich in der Photographie seines Spektrums zwei gleich helle Linien, von denen eine mit der Wasserstofflinie G zusammenfällt, die andere dagegen eine etwas

---

[1]) Astronomy and Astrophysics Nr. 108.

grössere Wellenlänge hat als F und wahrscheinlich mit der Hauptnebellinie $\lambda = 500$ zusammenfällt. Prof. Pickering erinnert an die Analogie mit der Nova Cygni, die nach den Beobachtungen von Lord Lindsay zuletzt das Spektrum eines planetarischen Nebels zeigte.

Das Ergebnis der spektroskopischen Untersuchungen der Nova fasst Vogel dahin zusammen[1]), dass das Spektrum der Nova aus zwei superponierten Spektren besteht, und dass eine Anzahl von Linien (besonders die Wasserstofflinien), die in dem einen Spektrum hell, in dem anderen dunkel erscheinen, stark gegen einander verschoben sind. Es lässt diese Wahrnehmung schwerlich eine andere Deutung zu, als das Vorhandensein zweier Körper, deren Bewegungskomponenten im Visionsradius sehr beträchtlich sind. Das Phänomen ist nun höchst wahrscheinlich infolge eines nahen Vorüberganges dieser Körper entstanden, der gewaltige Störungen in ihren Atmosphären bedingte. Die Körper, in hyperbolischen Bahnen sich bewegend, entfernten sich mit einer relativen Geschwindigkeit, die in der Zeit der vierwöchentlichen Beobachtung keine erhebliche Veränderung erlitten hat, und welche mindestens **120** Meilen betrug.

Eine von den im vorhergehenden besprochenen Hypothesen abweichende Theorie über die Ursache des Aufleuchtens der Nova hat Prof. Seeliger aufgestellt[2]).

„Die Erscheinungen," sagt er, „welche der neue Stern darbot, waren im höchsten Grade merkwürdig. Die Beobachtungen, sowohl in spektralanalytischer als auch in photometrischer Beziehung, waren weit zahlreicher, wie bei den früheren Vorkommnissen dieser Art. Sie haben deshalb auch vollkommen genügt, um mehrere Erklärungsweisen, die bei früheren neuen Sternen aufgestellt wurden und dort als mehr oder weniger plausibel erschienen, für den vorliegenden Fall als nicht zutreffend zu erkennen. Auf der anderen Seite ist es aber sehr schwierig, aus den bisherigen Publikationen der Beobachter alle Details so festzustellen, wie zu einer allseitigen Prüfung einer bestimmten Hypothese wünschenswert wäre. Es scheint mir deshalb angemessen, einen neuen Erklärungsversuch zur Sprache zu bringen, der mir den hauptsächlichsten Beobachtungsresultaten besser wie andere zu entsprechen scheint, dessen endgiltige Prüfung in allen Details aber vorderhand noch der Zukunft vorbehalten bleiben muss.

Sollte derselbe, was ich, wenn auch nicht als wahrscheinlich, so doch als möglich zugebe, in dem vorliegenden Falle auf Schwierigkeiten stossen, so wird derselbe doch eine etwas eingehendere Erörterung verdienen, weil er, wie ich glaube, mit durchaus möglichen Verhältnissen rechnet, somit eine zulässige Hypothese für die Erscheinungen gewisser neuer Sterne gewiss enthält. Ich werde mich bei den Bemerkungen, die das Gesagte weiter begründen sollen, genau an die Verhältnisse halten, welche nach dem Urteile der Beobachter als das Resultat ihrer Beobachtungen anzusehen sind, während eine Prüfung der letzteren ausserhalb der Absicht dieser Zeilen liegt. Ich habe noch zu bemerken, dass ich das Wesentliche der folgenden Bemerkungen bereits im März v. J. ausgesprochen habe.

Die hauptsächlichsten Beobachtungsresultate, welche das Charakteristische der ganzen Erscheinung enthalten dürften, sind:

---

[1]) Vierteljahrsschr. der Astr. Gesellschaft **27.** 2. Heft. p. 141.

[2]) Astron. Nachr Nr. 3148.

1. Nach Lindemann hat die Lichtkurve der Nova folgendes Verhalten gezeigt: Vom 1. bis 3. Februar steigt die photometrische Kurve rasch bis zur Helligkeit 4.7 Grösse an, sinkt darauf allmählich bis 13. Februar und dann rascher bis 16. Februar auf 5.8 Grösse herab, erreicht am 18. Februar ein zweites Maximum von 5.14 Grösse, hat ein zweites Minimum am 23. Februar ebenfalls von 5.8 Grösse und darauf ein drittes Maximum am 2. März wieder von 5.4 Grösse, worauf sie bis 6. März langsamer und dann rasch in gerader Linie bis 22. März auf 9.3 Grösse herabsinkt. Dem ist noch hinzuzufügen, dass nach den Photographien des Harvard College sich nachträglich feststellen liess, dass der Stern von Anfang Dezember 1891 an sichtbar zu werden anfing und bereits in der Zeit vom 20. bis 22. Dezember ein Maximum der Helligkeit aufwies, das nahe, aber, wie es scheint, nicht ganz das Maximum vom 3. Februar erreichte.

2. Das Spektrum des neuen Sternes bot einen höchst merkwürdigen Anblick dar. Vogel sagt darüber, die in Potsdam erhaltenen Resultate zusammenfassend: Die Beobachtungen haben zu dem überaus interessanten Ergebnisse geführt, dass das Spektrum der Nova aus zwei superponierten Spektren besteht, und dass eine Anzahl von Linien, besonders die Wasserstofflinien, die in dem einen Spektrum hell, in dem anderen dunkel erscheinen, stark gegen einander verschoben sind. Es lässt diese Wahrnehmung schwerlich eine andere Deutung zu, als das Vorhandensein zweier Körper, deren Bewegungskomponenten im Visionsradius sehr beträchtlich sind. Die Körper entfernen sich mit einer relativen Geschwindigkeit, die in der Zeit der vierwöchentlichen Beobachtung (im Februar) keine erhebliche Veränderung erlitten hat, und welche mindestens 120 Meilen betrug. — Dem ist noch hinzuzufügen, dass sich in den sehr verbreiterten hellen Linien verschiedene Intensitätsmaxima und ziemlich deutlich zwei solche zeigten.

Man hat zur Erklärung dieser Beobachtungsthatsachen angenommen, dass zwei Weltkörper sehr nahe aneinander vorbeigegangen und hierdurch in ihren Atmosphären Veränderungen entstanden sind, welche das Aufleuchten der Körper veranlasst haben. In dieser Fassung ist die ausgesprochene Hypothese viel zu vage, um im einzelnen verfolgt werden zu können. Es ist nun zwar auch der Versuch gemacht worden, ein deutlicheres Bild des ganzen Vorganges zu entwerfen, indem man, anknüpfend an eine Äusserung von Klinkerfues, mächtige Flutwirkungen der beiden Körper aufeinander annahm; dort, wo die Flutberge der Atmosphäre erscheinen, findet durch Absorption eine Verdunkelung, dort, wo Ebbe herrscht, eine Aufhellung statt, weil hier die absorbierenden Atmosphärenschichten weniger mächtig sind. Zunächst muss hierbei hervorgehoben werden, dass die statische Theorie der Ebbe und Flut, welche verwendet worden ist, durchaus ungeeignet ist, eine Vorstellung von den bei einem nahen Vorübergange ohne Zweifel stattfindenden Deformationen zu geben. Denn bei sehr exzentrischen Bahnen, die aus anderen Gründen anzunehmen notwendig sind, dauert die Einwirkung, die zudem sich in ihren Qualitäten fortwährend ändert, so kurz, dass man wohl kaum erwarten darf, aus den Betrachtungen der möglichen Gleichgewichtsfiguren (ganz abgesehen davon, dass auch dies gewöhnlich mit einer Annäherung geschieht, deren Genauigkeit man gar nicht beurteilen kann) einen Schluss auf die thatsächlichen Verhältnisse ziehen zu können. Insbesondere müsste die Einwirkung der beiden Weltkörper auf einander bei der Nova Aurigae als eine fast plötzlich auftretende und gleich wieder verschwindende angesehen werden. Ferner darf auch nicht übersehen werden, dass man bei glühenden Weltkörpern die Atmosphäre nur als die äusserste Hülle betrachten muss, welche ganz allmählich in die dichteren Schichten übergeht, diese aber auch, wenn auch in geringem Grade, deformiert werden. Auch sonst wird es schwer werden, die Erscheinungen eines neuen Sternes nur als

Folge von Absorptionswirkungen von Atmosphären zu erklären. Man hat deshalb wohl meistens angenommen, dass daneben noch Gasausbrüche aus dem Inneren der Körper stattfinden. Diese Annahme enthält freilich wohl nichts Unmögliches, sie ist aber, ohne bestimmte Fassung, einer Diskussion kaum zugänglich. Jedenfalls werden noch weitere Hypothesen zu machen sein, um den genannten Erklärungsversuch in einzelnen Fällen aufrecht erhalten zu können. So bliebe vorderhand noch unerklärlich, warum bei der Nova Aurigae das eine Spektrum in der Hauptsache ein Absorptionsspektrum, das andere ein Gasspektrum ist. Durch spezielle Annahmen lässt sich gewiss diese Schwierigkeit heben, dass aber hierdurch die Zuversicht zu der Richtigkeit der Hypothese gewinnen könnte, ist nicht sehr wahrscheinlich.

Indessen treten bei der Nova Aurigae noch andere Thatsachen hervor, die nicht zu Gunsten jener Hypothese, so allgemein sie auch gehalten werden mag, sprechen. Es ist mindestens sehr auffällig, dass gerade hier so ganz enorm grosse Geschwindigkeiten kosmischer Massen auftreten, wie man sie bisher noch kaum wo anders gefunden hat. Das Vorkommen derselben muss demnach wohl auch unter die zu erklärenden Thatsachen aufgenommen werden. Aus Formeln (die Seeliger aufstellt), welche die mechanischen Verhältnisse, welche bei einem nahen Vorübergange zweier kosmischer Massen auftreten, rechnerisch zu verfolgen erlauben, folgt, dass in dem Falle der Nova Aurigae die beiden Massen nur dann eine Parabel um einander beschreiben könnten, wenn die Massen beider Sterne zusammen sehr viel grösser als 15000 Sonnenmassen sind. Für eine hyperbolische Bewegung kann man nur dann zu wesentlich kleineren Massenwerten gelangen, wenn man annimmt, dass die grosse relative beobachtete Geschwindigkeit von 120 Meilen nur zu einem sehr kleinen Teile durch die Anziehung hervorgebracht worden ist, vielmehr fast ganz von allem Anfange an bestanden hat. Man hat also die Wahl zwischen der Annahme äusserst grosser Massen oder dem Verzicht auf eine Erklärung der grossen relativen Geschwindigkeit. Keine der beiden Annahmen enthält nun freilich eine Unmöglichkeit, aber ich glaube nicht, dass man in einer von ihnen unbedenkliche Zeugen für die Richtigkeit der Hypothese erblicken wird. Nach meiner Meinung machen sie dieselbe vielmehr sehr wenig plausibel.

Die bereits erwähnten Formeln zeigen ferner, was weiter unten auseinandergesetzt werden wird, dass die supponierte Einwirkung der beiden Weltkörper im vorliegenden Falle thatsächlich sehr rasch vorübergegangen sein muss, sich vielleicht in wenigen Stunden abgespielt hat. Diese Einwirkung muss notwendigerweise beim ersten Aufleuchten (Anfang Dezember 1891) stattgefunden haben. Warum dann die Nova mehrere Wochen später (Anfang Februar 1892) ein zweites und allem Anscheine nach grösseres Maximum erlangt hat, die Lichtkurve ferner bis Anfang März sich nur sehr wenig gesenkt hat, um dann rapid abzufallen, scheint mir auf Grund der genannten Hypothese, wenn überhaupt, nur sehr schwer erklärbar zu sein. Jedenfalls besteht die Schwierigkeit so lange, bis sie nicht im einzelnen ausdrücklich beseitigt ist.

Die im Vorstehenden kurz berührten Schwierigkeiten fallen aber ganz fort, wenn man folgende Überlegungen anstellt. Es unterliegt namentlich in Rücksicht auf die durch die Himmelsphotographie erhaltenen Resultate, bei denen besonders Max Wolf mitgewirkt hat, keinem Zweifel, dass der Weltraum geradezu angefüllt ist mit mehr oder weniger ausgedehnten Gebilden sehr dünn verstreuter Materie. Diese Gebilde werden in physikalischer Beziehung voraussichtlich sehr verschiedene Konstitution aufweisen, weshalb diese Frage ganz offen bleiben mag, und wir sie nicht untersuchen wollen. Dass nun ein Weltkörper in eine solche Wolke gerät, ist an sich nicht unwahrscheinlich, jedenfalls aber viel wahrscheinlicher, als der nahe Vorübergang an einem anderen kompakten Weltkörper, wie die oben besprochene Hypothese erfordert. Sobald nun ein Weltkörper

in eine kosmische Wolke einzutreten beginnt, wird sofort eine oberflächliche Erhitzung eintreten, und zwar notwendigerweise, wie auch die dünn verstreute Materie beschaffen sein mag. Infolge der Erhitzung werden sich Verdampfungsprodukte um den Körper bilden, diese werden sich zum Teile von ihm ablösen und sehr schnell diejenige Geschwindigkeit annehmen, welche die nächsten Teile der Wolke besitzen.

Es ist angemessen, diesen Vorgang zu vergleichen mit einem ganz ähnlichen, welcher in bekannter Weise sich bei den Erscheinungen der Sternschnuppen und Feuerkugeln abspielt. Auch hier dringt ein kompakter Körper mit einer gewissen Geschwindigkeit in ein Gebilde sehr dünner Materie (die obersten Schichten der Atmosphäre), wird erhitzt und verdampft zum Teile, und ein leuchtender Schweif, der oft sehr lange nach dem plötzlichen Erscheinen des Meteors noch deutlich sichtbar ist, bezeichnet den Weg, den das letztere genommen hat. Die abgetrennten Partikel haben schnell ihre relative Geschwindigkeit gegen die Luft eingebüsst, denn sie folgen scheinbar fast gar nicht der Bewegung des Meteors.

Betrachtet man nun den durch den Widerstand zum Leuchten gebrachten Stern spektroskopisch, so werden sich offenbar zwei superponierte Spektra zeigen: das eine im allgemeinen kontinuierlich und infolge der davor gelagerten, glühenden Gasmassen mit Absorptionsstreifen versehen, das andere in der Hauptsache aus hellen Linien bestehend. Beide Spektra werden nach Massgabe der relativen Bewegung im Visionsradius gegen einander verschoben erscheinen. Es bildet sich so im grossen und ganzen eine Erscheinung aus, die sehr ähnlich ist der bei der Nova Aurigae beobachteten, und man wird beide in vollständige Übereinstimmung bringen können, wenn man nötigenfalls die Annahme machte, dass auch die dem Körper nächsten Teile der Wolke durch direkte Wärmewirkungen, durch Reibung der abgetrennten Teilchen u. s. f physikalische Veränderungen erlitten haben. Diese Annahme scheint mir bei der Unkenntnis der Eigenschaften der Wolkenmaterie keineswegs eine Schwierigkeit zu enthalten. Ob sie aber überhaupt nötig ist, vermag ich auf Grund der vorliegenden Publikationen nicht zu entscheiden.

Von Wichtigkeit ist aber die Untersuchung, ob man auf dem genannten Wege zu einer plausiblen Erklärung der grossen relativen Geschwindigkeit der beiden Spektren gelangen kann. Wenn sich der Weltkörper der Wolke nähert, so wird dieselbe sich offenbar nach der Richtung zu jenem verlängern. Diese Verlängerung wird mit der gegenseitigen Annäherung wachsen, desgleichen die relative Geschwindigkeit der einzelnen Teile der Wolke gegen den Körper. Ohne bestimmte Voraussetzungen über die Struktur der Wolkenmaterie kann man sich nur schwer eine ins einzelne gehende Vorstellung von den sich abspielenden Bewegungsvorgängen machen, und man muss sich begnügen, den einen oder anderen Fall zu betrachten, der ein näheres Eingehen gestattet. Nimmt man z. B. an, dass die einzelnen Teilchen der Wolke in der Hauptsache nur der Einwirkung des Körpers folgen, so werden sie Kegelschnitte, und zwar Hyperbeln um den Mittelpunkt des letzteren als Brennpunkt beschreiben. Ihre grösste relative Geschwindigkeit nimmt rasch mit der Entfernung vom Körper ab, so dass die Umgebung des letzteren mit Teilchen von sehr verschiedener Geschwindigkeit angefüllt sein wird. Es bedarf nun, wie leicht zu sehen, durchaus keiner extravaganten Annahmen, um für diejenigen Teilchen, welche nahe an der Oberfläche des Körpers vorbeigehen, sehr grosse Geschwindigkeiten, etwa von dem Betrage der bei der Nova konstatierten, heraus zu bekommen, selbst wenn die Anfangsgeschwindigkeit sehr klein gewesen ist. Aus dem obigen folgt weiter, dass die Spektrallinien der mit so sehr verschiedenen Geschwindigkeiten sich vom Körper fortbewegenden Teilchen sehr verbreitert sein müssen und selbst verschiedene Helligkeit der einzelnen Partien dieser Linien, also etwaige Intensitätsmaxima zu erklären, macht nicht nur nicht die

geringste Schwierigkeit, sondern ist eine notwendige Begleiterscheinung. Mir scheint dieser Punkt nicht unwichtig, weil er aus der Hypothese zweier nahe an einander vorbeigehender, kompakter Massen sich nicht ableiten lässt und hier zu der sehr wenig wahrscheinlichen Annahme mehrerer bewegter Himmelskörper führen muss.

Solange sich der Weltkörper innerhalb des Gebildes bewegt, werden immer die genannten Erscheinungen hervorgerufen, woraus dann folgt, dass die Eigentümlichkeiten des Spektrums, abgesehen von kleineren durch die Sachlage bedingten Veränderungen, im grossen und ganzen längere Zeit bestehen bleiben müssen, ein Punkt, der bei der zuerst besprochenen Hypothese auch nicht ohne weiteres klar ist. Ebenso wird es nicht auffallend sein, dass der Stern während jener Zeit seine Helligkeit weniger stark ändere, während nach dem Austritte aus der Wolke dieselbe ziemlich schnell abfallen wird. Auch dies stimmt mit der bei der Nova beobachteten Lichtkurve. Schliesslich lässt sich sogar das periodische Auf- und Abschwanken der Helligkeit ganz ungezwungen erklären. Man braucht nur an die bekannte und neuerdings von Max Wolf durch die Photographie wieder konstatierte Thatsache zu erinnern, dass ähnliches bei den Sternschnuppen vorkommt und wohl ohne Schwierigkeit erklärt werden kann. Wir müssen aber jedenfalls annehmen, dass der Stern Anfang Dezember in das betreffende kosmische Gebilde eingetreten ist und dasselbe gar nicht lange vor Anfang März verlassen hat."

Die Frage, wie es kommt, dass so lange Zeit hindurch (vom Dezember bis März) die grosse relative Geschwindigkeit bestehen bleiben konnte, obwohl doch ein solcher Widerstand vorhanden war, dass Erglühen des Körpers stattfand, beantwortete Prof. Seeliger dadurch, dass er die Widerstandsbewegung des Sternes vergleicht mit der eines Meteors in der oberen Schicht der Atmosphäre unserer Erde. Er zeigt, dass sich unter plausibler Annahme die Bewegung des Sternes in 100 Tagen verhältnismässig ebenso abspielt wie die eines Meteors in 0.185 Sekunden. Da innerhalb dieses Zeitteilchens die Bewegung in den höchsten Schichten der Atmosphäre eine merkliche Verminderung nicht mehr zeigt, so wird eine solche bei dem Sterne auch nicht eintreten. Dann weist Prof. Seeliger nach, dass trotz dieser geringen Verminderung der Bewegung doch genügend viel Bewegungsenergie in Wärme erweckt wird, um den Stern in oberflächliches Glühen zu versetzen. Die grosse Nähe der beiden Körper kann nur kurze Zeit hindurch gedauert haben, denn in der Nähe des Perihels muss unter allen Umständen die Geschwindigkeit grösser als 120 Meilen gewesen sein, wie Prof Seeliger genauer zeigt, und man wird deshalb kaum annehmen dürfen, dass eine nennenswerte Einwirkung der supponierten beiden Körper auf einander länger als ein paar Stunden angehalten haben kann. Das Wiedersichtbarwerden des neuen Sternes im August betrachtet Prof. Seeliger als eine Bestätigung seiner Hypothese, wenigstens werde ihr dadurch nicht widersprochen, insofern man annehmen könne, dass eine nochmalige Begegnung mit einer nebel- oder staubförmigen kosmischen Wolke erfolgt sei — Wie weiter bekannt wird, hat Dr. Max Wolf nicht viel vom Orte des neuen Sternes in Rektasz. 5^h 21.7^m D. + 30° 2′ einen hellen mehrere Minuten langen Nebelfleck photographisch entdeckt, der bis jetzt unbekannt war. Ausserdem sind noch mehrere andere Nebel in Auriga aufgefunden worden.

Der Lichtwechsel des Algol ist bezüglich der Anomalien, welche die Periodendauer desselben zeigt, von S. C. Chandler untersucht worden[1]). Die Ursachen der Schwankungen in der Dauer der Periode können reell oder auch nur scheinbar sein. Soll eine wirkliche Veränderung der Periode eintreten, so muss die Umlaufszeit

[1]) Astronomical Travels 1892. p. 255.

der beiden Komponenten, aus welchen Algol besteht, um ihren Schwerpunkt variabel sein. Das würde beweisen, dass in dem Algolsysteme noch eine „störende“ Kraft wirksam ist, in ähnlicher Weise, wie z. B. die Bewegung des Mondes durch die Sonne zuweilen beschleunigt, dann wieder verlangsamt wird. Indessen ist es zweifelhaft, ob die Existenz eines solchen störenden Körpers bei den Verhältnissen im Algolsysteme zur Erklärung ausreicht; die bedeutende Grösse der Störung und ihre lange Dauer im Vergleiche zum Algol-Umlaufe sind zwei Faktoren, die sich nicht gut vereinigen lassen. In dem Beispiele vom Monde können wir aber noch eine zweite Störungsursache erwähnen, die Abweichung der Erde von der Kugelgestalt. Nun müssen auch Algol und sein dunkler Begleiter, wie Wilsing gezeigt hat, ziemlich stark von der Kugel abweichende Formen besitzen; die Sterne müssten in der Richtung ihrer Mittelpunkte verlängert sein — nach G. H. Darwin's Theorie in eiähnlichen Figuren, deren Spitzen einander zugekehrt sind. Ist dann die Rotationszeit eines Körpers verschieden von der Umlaufszeit, so kommt in letztere ebenfalls eine Ungleichmässigkeit hinein, es ist aber wieder fraglich, ob von so grossem Betrage, wie ihn die Beobachtungen geben.

Daher ist noch zu prüfen, ob die Veränderlichkeit der Periode bloss scheinbar ist, d. h. ob die Periode der zwei Komponenten Algols (die mit A und B bezeichnet werden mögen), in Wirklichkeit konstant ist, jedoch aus irgend einer Ursache uns nur veränderlich erscheint. Eine solche Ursache wäre in folgendem Umstande zu finden: Nehmen wir an, Algol besitze eine feste Periode, und er bewege sich rasch auf uns zu; dann verkürzt sich von Minimum zu Minimum die Zeit, welche das Licht Algols braucht, um zur Erde zu gelangen, um eine Sekunde für 40000 Meilen, die scheinbare Periode ist kürzer als die wahre. Entfernt sich Algol ebenso rasch, so verzögert sich die Ankunft der Lichtstrahlen, und wir sehen jedes folgende Minimum verspätet. Ist die Bewegung im einen oder anderen Falle stets dieselbe, so ist auch die Verkürzung oder Verlängerung der Periode immer von gleichem Betrage, die Periode erscheint also konstant und unterscheidet sich von der wahren Periode nur um eine beständig gleichbleibende Grösse.

Bei Algol ist nun die Periode, wie erwähnt, nicht konstant, daraus ist zu schliessen, dass auch die Bewegung veränderlich ist. Je mehr die Periode abnimmt, desto rascher bewegt sich das Algolsystem auf uns zu, und je schwächer die Periode sich verkürzt, um so langsamer ist die Annäherung. Nimmt dann die Periode wieder zu, und zwar erst langsamer und später rascher, dann entfernt sich auch Algol wieder von uns mit wachsender Geschwindigkeit, kurz gesagt:

Die beiden Komponenten A und B des Algolsystems beschreiben noch eine gemeinsame Bahn um den Schwerpunkt eines grösseren Systems, das aus Algol und einem dritten entfernten Sterne gebildet wird. Der ganze Umlauf beträgt 130 Jahre. Die

Bahn ist merklich kreisförmig und etwa 20° gegen die Gesichtslinie (Erde — Algol) geneigt. Der Durchmesser der Bahn ist ungefähr gleich dem der Uranusbahn, was sich aus der grössten Verfrühung und Verspätung der Minima berechnen lässt, der längste scheinbare Durchmesser beträgt für uns 2.7″, die Parallaxe Algols ist 0.07″.

Wenn diese Theorie richtig ist, muss Algol indessen seinen Ort am Himmel verändern, und zwar bis zu 2.7″. Um dies zu beweisen, stellt Chandler die wichtigsten Ortsbestimmungen (Meridianbeobachtungen) Algols zusammen und zeigt, dass man bei Annahme gleichmässiger Bewegung in den Beobachtungen viel zu grosse Fehler übrig behält. Indem er aber berechnet, welches die Verschiebung Algols nach der obigen Theorie sein muss, kommt er nahezu auf die gleichen Zahlen, wie die übrig gebliebenen Fehler.

Wie weit der dritte Stern von Algol entfernt ist, lässt sich nicht direkt angeben; die scheinbare Distanz könnte viele Sekunden betragen, wenn seine Masse bedeutend kleiner wäre als die des Algol. Offenbar ist auch er ein „dunkler" Stern, der aber vielleicht doch, falls er noch eine wenn auch geringe Helligkeit besitzt, mit den Riesenrefraktoren der Neuzeit gefunden werden könnte, namentlich, wo jetzt durch Chandler die Richtung angegeben ist, in welcher man ihn neben Algol zu suchen hat[1]).

Neue veränderliche Sterne. In der letzten Zeit sind mehrere Sterne als veränderlich erkannt worden, von denen folgende die interessantesten sind:

R Trianguli (AR. 2^h 28.3^m D. + 33° 38′ für 1855) im Maximum 5.8 Grösse, im Minimum 10. Grösse. Dauer der Periode 209 Tage.

Anonyma im Cepheus (AR. 23^h 49.7^m D. + 82° 23′ für 1855.) Maximum 6.2 Minimum 6.9 Grösse. Periode 348 Tage.

Anonyma im Cepheus (AR. 22^h 28.6^m D. + 55° 53′ für 1855.) Maximum 5.8 Minimum 6.8 Grösse. Periode daraus annähernd 1 Jahr.

Anonyma im Hasen (AR. 6^h 0.6^m D. — 24° 11′ für 1875.) Maximum 6.8 Minimum 7.4 Grösse. Periodendauer 69 Tage.

Der Stern S Antliae, dessen Veränderlichkeit von Paul in Washington entdeckt wurde, hat nach den Untersuchungen von Chandler, Sawyer und Jendall eine Periode von nur 7^h 48^m. Er gehört zu den Veränderlichen vom Algoltypus, und wenn man für ihn die nämliche Ursache des Lichtwechsels annimmt, die Vogel für Algol nachgewiesen hat, so müssen die beiden Sterne, welche den Lichtwechsel von S Antliae hervorrufen, entweder eine ganz ungewöhnliche Dichte besitzen oder einander mit ihren Oberflächen berühren. Letzteres ist natürlich aus mechanischen Gründen auszuschliessen. Anderseits aber kann man auch annehmen, dass die beiden Sterne sich wechselweise bedecken und dadurch

---

[1]) Berberich, Naturw. Rundschau 1892. Nr. 16.

jedesmal ein Minimum der Helligkeit hervorrufen. In diesem Falle würde die wahre Umlaufsperiode doppelt so gross wie die Periode des Lichtwechsels sein, und es erscheint dann nicht mehr nötig, den beiden Komponenten eine ungewöhnliche Dichte zuzuschreiben.

Der Doppelstern β 6480. In der Nähe von β Lyrae, $1^m\ 57^s$ in Rektaszension ihm vorausgehend und 14′ nördlich von ihm, steht ein Stern 6. Grösse. Im Juni 1878 fand Burnham am $18^1/_2$-zolligen Refraktor zu Chicago, dass dieser Stern ein sehr enger Doppelstern sei, der selbst für jenes grosse Instrument zeitweise ein schwieriges Objekt bildete. Er wurde von ihm damals in zwei Nächten und auch im folgenden Jahre gemessen. Neue Messungen, die Burnham nunmehr am 36-Zoller der Lick-Sternwarte ausgeführt, haben ihm gezeigt, dass der Begleiter Positionswinkel und Distanz merklich geändert hat, und der Stern sicherlich zu denjenigen mit kurzer Umlaufsdauer gehört. Er hat eine Eigenbewegung von 0.201″, und diese ist beiden Komponenten gemeinsam. Folgende Orte des Begleiters wurden von Burnham bestimmt:

1878.47	Positionswinkel	312.5°	Distanz	0.60″
1849.47	„	298.3	„	0.66
1891.33	„	247.7	„	1.26

Der Hauptstern ist 6., der Begleiter ist 9.5 Grösse. Ein Refraktor von 7 oder 8 Zoll Öffnung dürfte den Begleiter jetzt nicht zeigen.

Die Eigenbewegung des Sonnensystems ist von J. G. Porter einer neuen Untersuchung unterzogen worden [1]). Sie gründet sich auf den Katalog der Eigenbewegungen der Sterne, welcher in Nr. 12 der Publikationen des Cincinnati-Observatoriums veröffentlicht ist. Nach der Grösse der scheinbaren Eigenbewegung wurden die Sterne in 4 Gruppen geteilt und folgende Ergebnisse erhalten:

Eigenbewegung	Zahl der Sterne	Richtung der Sonnenbewegung AR.	D.	ϱ
0.15″—0.30″	576	281.9°	+53.7°	0.16″
0.30 —0.60	533	280.7	+40.1	0.30
0.60 —1.20	142	285.2	+34.0	0.55
1.20 u. darüber	70	277.0	+34.9	1.69

Die letzte Kolumne unter ϱ enthält die Winkelbewegung der Sonne in Bogensekunden, wie sie in der mittleren Entfernung der Sterne jeder Gruppe erscheinen würde.

Die unregelmässige Eigenbewegung des Procyon ist von L. Struve auf Grund der Beobachtungen seines Vaters zwischen 1851 und 1890 neu untersucht worden [2]). Auwers hatte 1873 gezeigt, dass diese Bewegung erklärt werden kann durch die Annahme, Procyon sei ein Doppelstern, der sich mit einem unsichtbaren Begleiter um den gemeinsamen Schwerpunkt beider in kreisförmiger Bahn

[1]) Astronomy and Astrophysics Nr. 109 p. 764.
[2]) Astron. Nachr. Nr. 3108.

bewegt. Im Jahre 1883 zeigte L. Struve aus den mikrometrischen Beobachtungen von O. Struve von 1851—82, dass der Halbmesser der Bahn des Procyon wahrscheinlich kleiner ist, als Auwers früher gefunden. Da O. Struve seine Beobachtungen bis 1890 fortgesetzt und dann definitiv geschlossen hat, so hat L. Struve nunmehr das gesamte Material bis 1890 einer neuen Bearbeitung unterzogen. Diese neue Bearbeitung zeigt wiederum, dass der Halbmesser der kreisförmigen Bahn des Procyon etwa $^1/_4$ kleiner ist, als Auwers gefunden. Die definitiven Elemente sind: Halbe grosse Achse $= 0.7401'' \pm 0.382''$, Zeit des Periastrums 1874.962 ± 0.246. Die jährliche Bewegung wurde nach Auwers zu $9.02993^0 \pm 0.08072^0$ angenommen, da die Struve'schen Beobachtungen dieses Element nicht genauer zu geben im stande sind, weil sie keinen ganzen Umlauf umfassen.

Die Eigenbewegung in der Gesichtslinie ist bei 51 Fixsternen von Vogel auf dem Observatorium zu Potsdam mit höchster bis jetzt erreichter Genauigkeit spektrographisch ermittelt worden[1]). Die folgende von Prof. Vogel gegebene Tabelle enthält die definitiven Ergebnisse der Messungen unter Berücksichtigung aller notwendigen Korrektionen:

Nr.	Stern	Grösse	Spektral-Klasse	Epoche der Beobachtung	Geschwindigkeit relativ zur Sonne			
					Vogel	Scheiner	Mittel	Gewicht
1	α Andromedae .	2.0	Ia	1889.93	+0.26	+0.96	+0.6	3
2	β Cassiopejae . .	2.1.	Ia–IIa	1889.04	+0.18	+1.21	+0.7	1
3	α Cassiopejae . .	var.	IIa	1890.14	−2.01	−2.10	−2.1	4
4	γ Cassiopejae . .	2.0	Ic	1888.89	+0.54	−1.49	−0.5	1
5	β Andromedae .	2.3	IIa	1889.26	+1.21	+1.80	+1.5	3
6	α Ursae minoris .	2.0	IIa	1888.90	−3.44	−3.53	−3.5	4
7	γ Andromedae .	2.4	IIa	1889.34	−1.07	−2.40	−1.7	3
8	α Arietis . . .	2.0	IIa	1889.69	−1.95	−2 01	−2.0	5
9	β Persei . . .	var.	Ia	1889.94	—	—	−0.2	7
10	α Persei . . .	2.0	IIa	1888.93	−1.46	−1.32	−1.4	4
11	α Tauri	1	IIa	1889.16	+6.42	+6.66	+6.5	6
12	α Aurigae . . .	1	IIa	1888.98	+3.34	+3.25	+3.3	10
13	β Orionis . . .	1	Ib	1889.24	+2.37	+2.06	+2.2	(4)
14	γ Orionis . . .	2.0	Ia	1890.37	+1.74	+0.73	+1.2	3
15	β Tauri	2.0	Ia	1889.65	+1.21	+0.94	+1.1	3
16	δ Orionis . . .	2.5	Ia	1890.07	−0.02	+0.29	+0.1	4
17	ε Orionis . . .	2.0	Ib	1889.00	+3.75	+3.39	+3.6	3
18	ζ Orionis . . .	2.0	Ia	1889.00	+2.31	+1 70	+2.0	3
19	α Orionis . . .	var.	IIIa	1889.32	+2.10	+2.54	+2.3	4
20	β Aurigae . . .	2.0	Ia	1890.50	−3.48	−4.09	−3.8	5
21	γ Geminorum . .	2.3	Ia	1889.83	−2.11	−2.35	−2.2	4
22	α Canis majoris .	1	Ia	1890.09	−1.83	−2.72	−2.1	6
23	α Geminorum[2]) .	2.3	Ia	1889.16	−4 :	−4 :	−4 :	(1)
24	α Canis minoris .	1	Ia–IIa	1889.68	−1.06	−1.41	−1.2	5
25	β Geminorum . .	1.3	IIa	1889.06	+0.26	+0.05	+0.2	4

[1]) Publikationen des Astrophys. Observ. zu Potsdam. 7. I.
[2]) Die hellere Komponente beobachtet.

Nr.	Stern	Grösse	Spek-tral-Klasse	Epoche der Beob-achtung	Geschwindigkeit relativ zur Sonne			
					Vogel	Scheiner	Mittel	Ge-wicht
26	α Leonis . . .	1.3	Ia	1889.22	−1.14	−1.32	−1.2	4
27	γ Leonis . . .	2.0	IIa	1889.76	−4.92	−5.46	−5.2	4
28	β Ursae majoris .	2.3	Ia	1889.39	−4.08	−3.82	−4.0	3
29	α Ursae majoris .	2.0	IIa	1889.11	−1.39	−1.71	−1.6	6
30	δ Leonis . . .	2.3	Ia	1889.94	−2.01	−1.87	−9.1	3
31	β Leonis . . .	2.0	Ia	1889.59	−1.87	−1.42	−1.6	3
32	γ Ursae majoris .	2.3	Ia	1889.40	−4.04	−3.13	−3.6	3
33	ε Ursae majoris .	2.0	Ia	1889.39	−4.63	−3.52	−4.1	3
34	α Virginis . . .	1	Ia	1890.34	—	—	−2.0	10
35	ζ Ursae majoris [1]	2.1	Ia	1890.33	−4.39	−4.01	−4.2	6
36	η Ursae majoris .	2.0	Ia	1889.83	−3.87	−3.21	−3.5	3
37	α Bootis . . .	1	IIa	1889.57	−0.94	−1.12	−1.0	7
38	ε Bootis	2.0	IIa	1889.36	−2.26	−2.11	−2.2	4
39	β Ursae minoris .	2.0	IIa	1889.24	+1.92	+1.91	+1.9	6
40	β Librae . . .	2.0	Ia	1889.34	−1.3 :		−1.3 :	(1)
41	α Coron. borealis	2.0	Ia	1890.91	+4.28	+4.34	+4.3	4
42	α Serpentis . .	2.3	IIa	1889.36	+3 : :		+3 : :	(1)
43	β Herculis . . .	2.3	IIa-IIIa	1889.46	−4.61	−4.91	−4.8	3
44	α Ophiuchi . . .	2.0	Ia	1889.09	+2.79	+2.37	+2.6	4
45	α Lyrae . . .	1	Ia	1889.64	−1.89	−2.22	−2.1	8
46	α Aquilae . . .	1.3	Ia	1888.81	−5.35	−4.58	−5.0	5
47	γ Cygni	2.4	IIa	1888.93	−0.78	−0.93	−0.9	4
48	α Cygni	1.6	Ib	1888.99	−0.81	−1.35	−1.1	4
49	ε Pegasi . . .	2.3	IIa	1888.81	+0.99	+1.17	+1.1	3
50	β Pegasi . . .	var.	IIIa	1889.90	+0.9 :		+0.9 :	(1)
51	α Pegasi . . .	2.0	Ia	1888.81	+0.24	+0.09	+0.2	3

Neben der Genauigkeit, welche bei diesen Messungen in Potsdam erreicht worden ist, können die früheren Versuche von Huggins nicht in Betracht kommen, und gleiches gilt von den zahlreichen, jahrelang fortgesetzten Beobachtungen ähnlicher Art in Greenwich. Nur allein die Messungen von Keeler am grossen Refraktor der Lick-Sternwarte sind als gleichwertig mit den Potsdamer zu betrachten und stimmen in den wenigen (2) Fällen, wo sie an den nämlichen Sternen erhalten wurden, trefflich mit diesen überein.

Besondere Darstellungen sind den Untersuchungen über periodische Geschwindigkeitsänderungen gewidmet. Diese betreffen folgende Sterne:

1. Algol. Es sind im ganzen 12 Beobachtungen erhalten worden zwischen dem 4. Dezember 1888 und 17. März 1891. Es ergiebt sich aus ihnen unter der Annahme einer kreisförmigen Bahn der wahrscheinlichste Wert für das Maximum der im Visionsradius gelegenen Bewegungskomponente Algols in der Bahn zu 5.52 ± 0.038 geographischen Meilen, die Bewegung des Systems zu — 0.21 ± 0.035 geographischen Meilen. Als wahrscheinlicher Fehler einer Beobachtung folgt ± 0.283 Meilen.

[1] Die hellere Komponente beobachtet.

2. α Virginis (Spica). Von diesem Sterne werden 27 Beobachtungen zwischen dem 21. April 1889 und 3. Mai 1891 mitgeteilt. Die früher[1]) erhaltenen Werte für Epoche und Bewegung des Systems erhalten durch die Beobachtungen 1891 keine Veränderung.

3. β Aurigae. 4. ζ Ursae. 5. β Orionis. Über diese Sterne bemerkt Prof. Vogel: „In dem Spektrum von β Orionis (Klasse Ib) ist die Wasserstofflinie Hγ schmal im Vergleiche zu den Spektren der Klasse Ia und gut begrenzt, und somit schien von vornherein die Möglichkeit, gerade bei diesem Sterne sehr genaue Verschiebungsmessungen ausführen zu können, gegeben. Die Beobachtungen haben diese Vermutung nicht bestätigt. Es zeigten sich zwischen meinen und Dr. Scheiner's Messungen Abweichungen, welche die Sicherheitsgrenze überschritten, die für die Ausmessung der Sterne der ersten Spektralklasse ermittelt worden war, und die zunächst Verschiedenheiten der Auffassung bei mehreren Platten dokumentierten, anderseits aber erkennen liessen, dass die infolge der Erdbewegung eintretende Veränderung in der Verschiebung nicht regelmässig erfolgte, sondern Sprünge zeigte, die sowohl in meinen, als auch in Dr. Scheiner's Messungen zu erkennen sind. Es lag die Vermutung nahe, dass fortgesetzte Beobachtungen einen periodischen Wechsel in diesen Abweichungen erkennen lassen würden, und dass dieselben vielleicht durch eine Bahnbewegung des Sternes zu erklären seien. Aus den Beobachtungen ist ein einigermassen sicheres Resultat in dieser Richtung jedoch nicht hervorgegangen, da sich herausgestellt hat, dass, sobald infolge der Erdbewegung die künstliche Linie den einen Rand der Sternlinie berührt, wegen der scharfen Begrenzung der letzteren es schwer wird, zu beurteilen, ob nur eine Ränderberührung beider Linien stattfindet, oder ob die künstliche Linie schon völlig auf dem kontinuierlichen Spektrum liegt. Die vermuteten periodischen Schwankungen könnten nicht reell und lediglich durch diesen Umstand hervorgebracht sein; ich halte es aber nicht für ausgeschlossen, dass solche thatsächlich vorhanden sind, jedoch durch die hervorgehobenen Messungsunsicherheiten verschleiert erscheinen."

Die Spektra der Sterne mit grosser Eigenbewegung. Aus Veranlassung einer Bemerkung von Monk, dass die Sterne mit Spektren vom Typus unserer Sonne eine grössere Eigenbewegung zeigen, als diejenigen vom Typus des Sirius, hat J. E. Gore eine bezügliche Zusammenstellung nach dem Draper'schen Kataloge der Sternspektra gegeben, der jüngst von der Harvard-Sternwarte publiziert worden ist. Im ganzen enthält diese Zusammenstellung 29 Sterne, von welchen 26 dem zweiten Typus, nämlich jenem unserer Sonne angehören, was Dr. Monk's Bemerkungen also bestätigt[2]).

---

[1]) Klein, Jahrbuch II. p. 79.

[2]) Astronomy and Astrophysics 1892. p. 11.

Der Nebel in den Plejaden bildet den Gegenstand einer grossen Monographie von R. Spitaler[1], wegen deren jedoch hier auf das Original verwiesen werden muss.

Photographie des Crab-Nebels. Von dem nach den Zeichnungen einem Krebse ähnlichen („Crab"-)Nebel im Stier hat Isaac Roberts zwei Photographien mit dreistündiger Exposition angefertigt und vergrösserte Bilder der Negative hergestellt. Die Gestalt, welche der Nebel auf der Photographie zeigt, weicht nun vollständig von den Zeichnungen desselben ab. Er hat eine unsymmetrische Gestalt, einen blassen, unbestimmten, scharf ausgezackten Rand und einen breiten, weit vorragenden Ast an der südlichen voranschreitenden Seite. Im allgemeinen ist seine Gestalt oval, die grössere Achse von N nach S gerichtet; an der nördlich folgenden Seite befindet sich eine breite tiefe Ausbuchtung ohne Nebelmasse im Inneren derselben, eine kleinere Bucht ist mit Nebel teilweise gefüllt. Die Sterne in der Gegend dieses Nebels sind sehr zahlreich, und wenn man sie auf dem Negative betrachtet, gruppiert sie das Auge leicht zu mannigfach gestalteten Gewinden und Flechten; aber schon bei $3^1/_2$-facher Vergrösserung verschwindet diese Täuschung[2].

Beobachtungen von planetarischen Nebeln am 36-Zoller der Lick-Sternwarte. Burnham hat während seiner regelmässigen Doppelsternmessungen am grossen Refraktor der Lick-Sternwarte auch gelegentlich einige der interessanteren planetarischen Nebel untersucht, darunter auch einige wenige der von Herschel als solche bezeichneten. Er fand bei dieser Gelegenheit, dass Objekte dieser Art sich sehr gut zu genauen Mikrometermessungen eignen, behufs Feststellung ihrer etwaigen Eigenbewegung. In einem Berichte über seine Messungen[3] bemerkt Burnham, dass er erstaunt gewesen sei, wie wenig nach dieser Richtung hin bis jetzt von anderen Beobachtern geschehen sei, und dass er aus diesem Grunde so viele Messungen ausgeführt habe als thunlich, ohne seine sonstigen Doppelsternbeobachtungen allzusehr zu unterbrechen. In der Auswahl der als planetarische Nebel zu betrachtenden Objekte hat sich Burnham an die Bezeichnung von Dreyer in dessen Generalkatalog der Nebel gehalten. Nach Untersuchung einiger Objekte fand er es nicht mehr schwierig, zu entscheiden, ob es sich in einem gegebenen Falle um einen planetarischen Nebel handle oder nicht, denn dieses war lediglich eine Sache des teleskopischen Aussehens und hat mit der Natur des Nebels, wie sie sich etwa im Spektroskope ergiebt, nichts zu thun. Gewöhnlich sieht man im Zentrum eines solchen Nebels einen Stern, und dies ist so häufig der Fall, dass man vermuten könnte, das Vorhandensein desselben bilde eine charakteristische Eigentümlichkeit für die Klassifizierung dieser Nebel.

---

[1]) Annalen der Wiener Sternwarte **7.** Sirius 1892. p. 53 u. ff.
[2]) Monthly Notices **52.** p. 502.
[3]) Monthly Notices **52.** p. 31.

Mehrere dieser Sterne sind so lichtschwach, dass sie nur mit Refraktoren von grosser Öffnung gesehen werden können, und in wenigen Fällen giebt das grosse Objektiv durchaus nicht zu viel Licht für genaue Mikrometermessungen. Burnham hat einen oder zwei Nebel gefunden, welche anderwärts als planetarische beschrieben werden könnten, bei denen der Zentralstern fehlt; vielleicht würde ein noch grösseres Teleskop einen solchen zeigen. Ferner hat er die Nummern **934**, **2440**, **2452**, **4107**, **5144** und **6210** aus Dreyer's Nebelkatalog untersucht, bei denen mehr oder weniger von den charakteristischen Eigentümlichkeiten der planetarischen Nebel fehlt. Sie gehören einer viel grösseren und weniger interessanten Klasse dieser Objekte an, und man kann sie kurz als runde Flecke von Nebeligkeit charakterisieren. Einige der jüngst entdeckten Nebel, obgleich schwächer und meist kleiner, sind im grossen und ganzen ähnlich. Burnham hat auch eine gewisse Zahl der sogenannten sternartigen Nebel, welche Pickering, Swift und andere aufgefunden haben, durchmustert. Dieselben erschienen alle sehr klein, hell, rund, und würden in einem kleinen Instrumente einem Sterne etwas ausserhalb des Brennpunktes gleichen, aber sie scheinen nicht in die Klasse der planetarischen Nebel zu gehören. Beim Studium der zentralen Sterne der letztern Nebelklasse wurden verschiedene Vergrösserungen angewandt, allein bei keiner derselben zeigte einer dieser Zentralsterne eine besondere Eigentümlichkeit. So weit als Burnham beurteilen kann, erscheinen sie sämtlich als wahre Fixsterne, nicht verschieden von den benachbarten. Eine detaillierte Beschreibung dieser Objekte giebt Burnham nicht, da sie erstlich nicht in seiner Absicht lag, und ferner eine Wortbeschreibung, ähnlich den meisten Nebelzeichnungen, gegenwärtig wenig wissenschaftlichen Wert hat, besonders, soweit es sich um die Frage einer Veränderung oder Bewegung handelt. Burnham ist mit Recht der Meinung, dass es keinem Zweifel unterliegen kann, dass die zentralen Sterne innig mit den Nebelhüllen verbunden sind, und dass jede Ortsveränderung dieser Sterne von einer entsprechenden Lagenveränderung der Nebel begleitet wird. Unter den Tausenden von Nebeln, die wir gegenwärtig kennen, sind diese planetarischen, von wenigen Ausnahmen abgesehen, die einzigen, an denen wir hoffen dürfen, eine eigene Bewegung in nicht allzulanger Zeit wahrzunehmen. Es ist kein Grund vorhanden, anzunehmen, dass diese Nebel im Raume in einer anderen Weise verteilt seien wie die Fixsterne, und wenn dies der Fall, so müssen sie Eigenbewegungen zeigen, ähnlich denjenigen der Sterne. Wiederholte Messungen nach Verlauf von wenigen Jahren werden kleine jährliche Veränderungen ergeben, und einige dieser Nebel können an kleineren Instrumenten, als jetzt gebräuchlich, gemessen werden. In ein paar Fällen ist der Vergleichsstern allerdings sehr lichtschwach, doch hat sich Burnham bemüht, stets den geeignetsten Stern auszuwählen. Die Messungen wurden fast immer an **350**-fachen Vergrösserungen ausgeführt, da stärkere

Vergrösserungen bei einigen Distanzen kein genügend grosses Gesichtsfeld hatten.

In folgendem sind die hauptsächlichsten von Burnham mitgeteilten Beobachtungsergebnisse zusammengestellt.

Nebel, von Barnard entdeckt, RA. $3^h\ 38^m\ 34^s$ D. $+ 34^0\ 37.6'$. Ein schönes Objekt im grossen Teleskope und im allgemeinen völlig planetarisch. Einmal wurde ein Zentralstern oder Kern vermutet, doch später nicht wiedergesehen. Der Nebel ist etwas elliptisch in nordsüdlicher Richtung, und seine Helligkeit nach Barnard 10. Grösse. Nach Burnham's Messungen steht er von dem Sterne 9. Grösse $+ 34^0$, 732 der Bonner Durchmusterung 204.12″ entfernt im Positionswinkel 119.5^0.

Nr. 1501. RA. $3^h\ 54^m\ 59^s$ D. $+ 60^0\ 32'$. Dies ist einer von W. Herschel's planetarischen Nebeln. Sein Zentralstern ist heller als irgend einer der in der Nähe stehenden Vergleichssterne, aber auch nur 13. Grösse. In Rosse's grossem Teleskope ist er 1874 in bezug auf Distanz und Position mit einem benachbarten Sternchen verglichen worden. Burnham's Messungen 1891 zeigen keine Veränderung der Lage.

Nr. 1514. RA. $4^h\ 0^m\ 30^s$ D. $+ 30^0\ 24'$. Der Nebel hat etwa 12.6″ Durchmesser, sein Zentralstern ist 8.6 Grösse. Er wurde durch Messung mit einem Sternchen 14. Grösse verbunden, das nahe dem Rande des Nebels steht und früher nicht gesehen worden ist. Auch Rosse hat dieses Sternchen nicht. Der Nebel ist bei Dreyer nicht als planetarisch aufgeführt, gehört aber in diese Klasse. Seine Oberfläche erscheint wie gefleckt.

Nr. 1535. RA. $4^h\ 7^m\ 44^s$ D. — $13^0\ 6'$. Ausser dem Zentralsterne 11.2 Grösse erscheinen noch andere schwache Sterne in diesem Nebel, der hellste davon (14.5 Grösse) steht nahe dem nördlichen Rande der kreisförmigen Scheibe. Der Nebel ist von d'Arrest und Lassell gezeichnet worden, beide haben aber diesen Stern 14.5 Grösse nicht gesehen. Burnham hat den Zentralstern mit einem entfernten 11.8 Grösse verbunden, den auch schon Copeland am Rosse'schen Reflektor gemessen hatte. Eine Stellungsänderung ist hiernach von 1874 bis 1891 nicht erfolgt.

Nr. 2022. RA. $5^h\ 34^m\ 26^s$, D. $+9^0\ 1'$. Im Mittelpunkte dieses Nebels steht kein Stern, ein sehr schwacher dagegen am voraufgehenden südlichen Rande, und dieser wurde gemessen. Lassell, der den Nebel auch beobachtet hat, bemerkt, man sehe darin einige helle Fleckchen oder Knoten, sonst aber nichts. Er, d'Arrest und Secchi haben den Nebel gezeichnet.

Nr. 2392. RA. $7^h\ 20^m\ 53^s$, D. $+ 21^0\ 12'$. Eines der schönsten Objekte dieser Art am ganzen Himmel. Der Zentralstern 9. Grösse ist rund und scharf bei allen Vergrösserungen. Eine Messung der hellen inneren Scheibe des Nebels ergab in der Richtung des Vergleichssternes deren Durchmesser 19″ und für den Durchmesser der ganzen Scheibe 44.7″. Dieser Nebel ist von

Lassell, d'Arrest, Rosse und Secchi gezeichnet worden. Lassell bezeichnet den Vergleichsstern als nebelig, Burnham hat nichts dergleichen daran bemerkt.

Nr. 2438. RA. 7^h 35^m 26^s, D. — 14° 25′. Der äussere Durchmesser dieses Nebels ist 63.9″, der Zentralstern 12. Grösse, von ihm aus steht ein Stern 14. Grösse in 15.18″ Distanz und dem Positionswinkel 209·8°. Dieser Stern ist auch an Rosse's Reflektor gesehen und gemessen worden.

Nr. 2452. RA. 7^h 41^m 47^s, D. — 27° 0′. Dieser Nebel ist nicht planetarisch, zwei hellere Kerne geben ihm Ähnlichkeit mit dem Dumbbell-Nebel.

Nr. 3242. RA. 10^h 18^m 2^s, D. — 17° 56′. Ein interessantes Objekt, elliptisch, die längere Achse 42.4″, die kürzere 38.3″. Burnham hat den Zentralstern 11.3 Grösse mit einem anderen Sterne 10.5 Grösse durch Messung verbunden: Distanz 155.52″ Positionswinkel 173.1″. Fast das nämliche fand schon 1875 Copeland, so dass keine Ortsveränderung zu konstatieren ist.

Nr. 6369. RA. 17^h 20^m 49^s, D. — 23° 38′. Ein ringförmiger Nebel, ähnlich jenem in der Leyer, doch viel schwächer. Grösster Durchmesser 31″. Im Zentrum steht ein Sternchen 14.5 Grösse, das von Burnham nicht gesehen worden ist.

Nr. 6543. RA. 17^h 58^m 36^s, D. + 66° 38′. Der wohlbekannte planetarische Nebel im Drachen, der häufiger als irgend ein anderer (mit Ausnahme des Ringnebels in der Leyer) beobachtet worden ist. Als Vergleichsstern diente bei den Messungen von Burnham der Stern 9. Grösse + 66°, 1065 der Bonner Durchmusterung. Der Zentralstern ist 9.6 Grösse. Distanz 163.24″. Positionswinkel 292.4°. Burnham glaubt, aus einer Vergleichung früherer Messungen von Struve (1841) Schoenfeld, Brünnow, Engelhardt mit der seinigen, schliessen zu dürfen, dass bei beiden Sternen eine kleine Abnahme des Deklinationsunterschiedes stattfindet. Das Mittel aus O. Struve's Messungen 1841 und 1848 ist 63.8″, Burnham fand 1891 62.3″, die Veränderung ist also jedenfalls sehr gering, und es lässt sich nicht entscheiden, welchem von beiden Sternen sie zuzuschreiben ist.

Nr. 6720. RA. 18^h 48^m 23^s, D. + 32° 51′. Der wohlbekannte Ringnebel in der Leyer. Der Zentralstern. 15.4 Grösse wurde stets gut gesehen und mit einem Sterne 12.4 Grösse verbunden: Distanz 61.69″, Positionswinkel 87.8° (für 1891.45). Unter den günstigsten Sichtbarkeitsverhältnissen wurde der helle Ring und das dunklere Innere mit verschiedenen Vergrösserungen untersucht, ohne dass ein anderer sternartiger Punkt darin sichtbar war. An einigen Stellen sah Burnham hellere Lichtfleckchen, allein keines derselben hatte das Aussehen eines Sternes. Der Vergleichsstern ist der bekannte, nahe dem nachfolgenden Rande des Nebels.

Nr. 6781. RA. 19^h 11^m 38^s, D. + 6° 17′. Der Zentralstern 15. Grösse steht nördlich von der Mitte des Nebels, der Ver-

gleichsstern ist 12.5 Grösse. Distanz 49.36″. Positionswinkel 73.3°. Zeichnungen dieses Nebels geben Lamont und Lassell.

Nr. 6818. RA. $19^h\ 36^m\ 4^s$, D. — 14° 29′. Dem Anscheine nach ein echter planetarischer Nebel, aber ohne Zentralstern. Er zeigt zwei oder drei kleine Kondensationen von Nebelmaterie, welche man beim ersten Blicke für feine Sterne halten könnte, doch glaubt Burnham nicht, dass es wahre Sterne sind. Rosse, Lamont, d'Arrest und Secchi haben diesen Nebel gezeichnet.

Nr. 6826. RA. $19^h\ 41^m\ 2^s$, D. + 50° 11.2′. Dieses schöne Objekt ist fast eine Wiederholung des planetarischen Nebels im Drachen. Es ist etwas elliptisch, der grössere Durchmesser 26.6″, der kleinere 24.3″. Der Zentralstern 8.8 Grösse wurde mit einem anderen 9.5 Grösse verbunden. Distanz 96.16″. Positionswinkel 194.2°. Eine Anzahl schwächerer Sterne stehen näher. Baron Engelhardt hat die Deklinationsdifferenz der beiden Burnham'schen Sterne 1888 gemessen, in sehr guter Übereinstimmung mit des letzteren Messungen.

Nr. 6894. RA. $20^h\ 10^m\ 45^s$, D. + 30° 8′. Dieser Nebel ist im Inneren beträchtlich dunkler und gehört vielleicht zur Klasse der Ringnebel. Der schwache Stern 15. Grösse im Inneren ist nicht zentral, sondern steht etwas gegen die vorangehende Seite hin. Er wurde verglichen mit einem Sterne 11.1 Grösse. Distanz 119.78″. Positionswinkel 186.0°. Mehrere andere Sterne stehen dem Nebel näher. Rosse hat diesen Nebel abgebildet.

Nr. 6905. RA. $20^h\ 16^m\ 9^s$, D. + 19° 40′. Der Zentralstern 14. Grösse wurde mit einem Sterne 10. Grösse verglichen. Distanz 46.68″. Positionswinkel 357.6°. Eine Messung des Durchmessers in der Richtung des Vergleichssternes ergab 39.1″.

Nr. 7009. RA. $20^h\ 56^m\ 33^s$, D. — 11° 55′. Es giebt mehrere Zeichnungen dieses Nebels, den man „Saturnnebel“ genannt hat. Ein Zentralstern 12. Grösse wurde von Burnham mit einem aussen stehenden Sterne 12.7 Grösse verbunden: Distanz 96.38″. Positionswinkel 343.5°. Zwei einzelne Messungen am Rosse'schen Teleskope ergaben 1874 die Distanz 100.1″, Positionswinkel 343.3°.

Nr. 7026. RA. $21^h\ 1^m\ 33^s$, D. + 47° 17′. Von Burnham 1873 mit einem 6-Zoller entdeckt, an welchem der Nebel doppelt oder länglich erschien. Einer der beiden Kerne ist heller als der andere. Distanz beider 6.45″. Positionswinkel 272.9°. Die Kerne sind keine Fixsterne, aber klein genug, um scharfe Messungen zu ermöglichen. Das Objekt gehört nicht eigentlich in die Klasse der planetarischen Nebel.

Nr. 7027. RA. $21^h\ 1^m\ 48^s$, D. + 41° 40′. Von Webb entdeckt. Der Nebel besitzt zwei Kerne, von denen der nachfolgende ziemlich gut begrenzt ist, der hellere aber zu gross und verwaschen erscheint, um genaue Messungen zu gestatten. Dem Ansehen nach ist nichts Planetarisches an diesem Nebel.

Nr. 7354. RA. $22^h\ 35^m\ 8^s$, D. + 60° 33′. Am voraufgehenden Rande dieses Nebels scheint eine schwache Kondensation

zu sein, ein Zentralstern ist nicht vorhanden, sonst hat er ein planetarisches Aussehen.

Nr. 7662. RA. 23^h 19^m 11^s, D. $+41^0$ 46′. Ein feiner Stern 15. Grösse steht im Zentrum, Burnham hat ihn mit einem anderen 13. Grösse verglichen: Distanz 51.84″. Positionswinkel 62.9°. Rosse hat den schwachen Zentralstern gesehen, Struve konnte ihn dagegen am 14-zolligen Refraktor zu Pulkowa nicht wahrnehmen.

Über planetarische Nebel bemerkt, im Anschlusse an die Ausführungen von Burnham, ferner Dr. J. Scheiner [1]):

„Burnham erwähnt, dass die sogenannten planetarischen Nebel, die eigentlich zur Klasse der Ringnebel gehören, fast ausnahmslos einen zentralen Stern besitzen, der aber meistens so lichtschwach ist, dass er nur in den mächtigsten Instrumenten wahrgenommen werden kann. Ich habe vor einigen Monaten photographische Aufnahmen der beiden hellen planetarischen Nebel h 2098 und h 2241 angefertigt, die trotz der Kleinheit des Bildes — Durchmesser etwa 5 *mm* — doch recht viel Detail zeigen und in bezug auf die Ringform in völligem Einklange mit den Zeichnungen von Rosse und von Vogel (mit dem Wiener Refraktor) stehen. Der Nebel h 2241 hat weder auf der Rosse'schen, noch auf der Vogel'schen Zeichnung einen zentralen Stern, wohl aber h 2098, der bei Rosse als wirklicher Stern, bei Vogel als schwacher Streifen erscheint.

Die photographischen Aufnahmen weisen nun in beiden Nebeln einen zentralen Kern auf, der beträchtlich heller ist, als die hellsten Teile des Ringes, und in völligem Gegensatze zu dem direkten Anblicke im Fernrohre die auffallendste Stelle des Nebels darstellt. Es liegt also hier in verstärktem Masse dieselbe Erscheinung vor, wie bei dem Ringnebel in der Leyer, in welchem der zentrale Stern optisch kaum, photographisch aber sehr leicht zu erkennen ist.

Als das wichtigste Ergebnis dieser Aufnahmen möchte ich nun anführen, dass diese zentralen „Sterne“ keineswegs Sterne im eigentlichen Sinne des Wortes sind, sondern nur nebelige Verdichtungen von unregelmässiger Form. So gehen von dem Nebelzentrum in h 2098 Streifen aus, welche die Figur eines X bilden; bei h 2241 ist der Kern länglich und durch nebelige Ansätze mit dem äusseren Ringe verbunden.

Hierdurch ist die Erklärung des Phänomens dieser Kerne sehr erleichtert; denn es ist nach unserem Wissen ganz unmöglich, eine derartige Konstitution eines Sternes anzunehmen, dass derselbe nur violettes oder ultraviolettes Licht aussendet. Wohl aber ist es durchaus plausibel, sich ein Gas vorzustellen, welches wesentlich nur stark brechbare Strahlen emittiert, ähnlich, wie etwa Natriumdampf vorzugsweise nur gelbe Strahlen aussendet. Es ist dann noch die weitere Annahme erforderlich, dass dieses Gas in beträchtlich grösserer Menge in der Mitte des Nebels als in den übrigen Teilen

[1]) Astr. Nachr. Nr. 3086.

vorhanden ist, wobei man an stärkere Verschiedenheiten des Atomgewichtes zwischen diesem Gase und den übrigen Bestandteilen des Nebels zu denken haben würde.

Den Nebel in der Leyer hat Denza mit fünf verschiedenen Expositionszeiten photographiert und hat mit der längsten (1 Stunde 50 Minuten dauernden) die besten Resultate erzielt. Er konnte zunächst an seiner Photographie, ebenso wie die meisten Beobachter, welche Nebel photographisch aufgenommen haben, eine viel weitere Ausdehnung dieses Gebildes, als je bisher im Teleskope gesehen worden, feststellen. Ferner hat er das Negativ bei vierzigmaliger Vergrösserung mit dem Mikroskope untersucht und berichtet darüber folgendes:

„Der Stern, welcher die Mitte des dunklen Grundes einnimmt, ist mit einem anderen kleinen Sterne, den Secchi für zweifelhaft hielt, verbunden. Aber die mikroskopische Untersuchung giebt diesen beiden Himmelkörpern das Aussehen eines Haufens leuchtender Punkte; und der kleinere, dessen Umriss ganz unregelmässig ist, ebenso wie der zentrale grössere, zeigen eine Diskontinuität der verschiedenen leuchtenden Punkte, welche sie zusammensetzen. Dies wird vollkommen bestätigt durch die mikroskopische Betrachtung der photographischen, achtundsiebenzigmal vergrösserten Reproduktion. Der kleine Stern, der in der Nähe des Nebels sich befindet, gestattet eine Vergleichung der beiden hellen Bilder im Inneren mit einem eigentlichen Sternbilde. Solcher Anhäufungen leuchtender Punkte, welche sehr gross und von einander sehr weit entfernt sind, findet man noch mehrere andere, teils im dunklen Zentrum, teils im hellen Ringe.“

Veränderung im Kerne des Andromedanebels[1]. Der Direktor des Goodull-Observatoriums bemerkt, dass, als er am 9. November vergangenen Jahres den Andromedanebel mit dem 16-zolligen Refraktor beobachtete, er überrascht gewesen sei von dem sternähnlichen Aussehen des Kernes. Diesen letzteren kannte er von früher nur als Lichtkondensation, die bei stärkerer Vergrösserung sehr verwaschen aussah. Am 9. November dagegen erschien der Kern völlig wie ein Stern von der 11. Grösse. Am 19. November wurde das nämliche Aussehen an starken Vergrösserungen konstatiert. Bei schwacher Vergrösserung schien der Punkt neblig und im Zentrum des Kernes, bei starker dagegen etwas nördlich von letzterem. Man wird sich erinnern, dass 1885 einige Sekunden nördlich vom Zentrum des Kernes ein neuer Stern erschien, der aber schon nach einigen Monaten wieder verschwand. Der am 9. November gesehene Stern stand etwas näher dem Zentrum des Kernes. Die genaue Überwachung des Andromedanebels, besonders durch solche Beobachter, welche über grosse Teleskope verfügen, ist sehr erwünscht.

[1]) Astronomy and Astrophysics. Nr. 109.

Geophysik.

1. Allgemeine Eigenschaften der Erde.

Die Veränderlichkeit der Polhöhen war zwar im Verlaufe der letzten Jahre ausser Frage gestellt [1]), aber es blieb unentschieden, ob dieselbe auf eine Änderung in der Lage der Drehungsachse der Erde zum festen Erdkörper zurückzuführen sei oder nicht. Diese Unsicherheit ist jetzt gehoben durch Beobachtungen, welche eigens zu diesem Zwecke ausgeführt wurden, und über welche Prof. Albrecht, der ihre Berechnung ausgeführt hat, berichtet [2]). „Man durfte," sagt er, „erwarten, dass durch eine Fortsetzung der Beobachtungen, insbesondere durch eine Verteilung derselben auf Stationen von hinreichend grossen Längenunterschieden auch hierüber Aufschluss zu erlangen sein würde; indes lag die Befürchtung nahe, dass bis zur sicheren Entscheidung dessen noch eine Reihe von Jahren vergehen würde, wenn die weitere Verfolgung dieser Frage ausschliesslich der freien Kooperation überlassen geblieben wäre. Bei dem grossen Interesse, welches der Frage nach der unmittelbaren Ursache der Polhöhenschwankungen von seiten aller Astronomen und Geodäten entgegengebracht wird, erschien der Permanenten Kommission der internationalen Erdmessung eine solche Verzögerung nicht angezeigt; sie beschloss daher, die weitere Verfolgung der Frage energisch in die Hand zu nehmen und eine Expedition nach Honolulu auszurüsten, welche in enger Kooperation mit den drei mitteleuropäischen Sternwarten Berlin, Prag und Strassburg schon innerhalb Jahresfrist eine Entscheidung herbeiführen sollte. Wenn die Drehungsachse der Erde thatsächlich periodischen Änderungen ihrer Lage zum festen Erdkörper unterworfen war, musste die Polhöhe in Honolulu ein dem Verlaufe derselben in Mitteleuropa entgegengesetztes Verhalten zeigen.

Die Beobachtungen in Honolulu (speziell im Vororte Waikiki, $11^h\ 25^m\ 0^s$ westl. v. Berlin) wurden von Dr. A. Marcuse am Zenithteleskope des geodätischen Institutes nach der Methode Horrebow-Talcott ausgeführt und erstreckten sich auf die Zeit vom 1. Juni

[1]) Klein, Jahrbuch **1.** p. 91. **2.** p. 131 u. 135.
[2]) Astron. Nachr. Nr. 3131.

1891 bis 18. Mai 1892. Gleichwie bei den Beobachtungen in Berlin, Potsdam und Prag im Jahre 1889—90 wurden die Sterngruppen so ausgewählt, dass die Veränderungen der Polhöhe frei von den Unsicherheiten der angenommenen Positionen der Sterne ermittelt werden konnten. Infolge der subtropischen Lage der Station konnte aber insofern eine wesentlich bessere Verteilung der Beobachtungen auf die einzelnen Sterngruppen erzielt werden, als es sich als angängig erwies, alle 8 Sterngruppen gleichmässig je 3 Monate lang zu beobachten.

Um so bald als möglich zu einer Entscheidung zu gelangen, hat Prof. Albrecht die definitive Reduktion der Beobachtungsreihe in Honolulu schon vor deren Abschluss in Angriff genommen und derart gefördert, dass er die Ergebnisse dieser Arbeit bereits der X. Generalkonferenz in Brüssel vorlegen konnte.

Inzwischen waren aber auch dem Zentralbureau seitens der drei mitteleuropäischen Stationen provisorische Resultate der Beobachtungsreihen von Mai 1891 bis Juni 1892 in dankenswerter Weise zur Verfügung gestellt worden. Sind diese Ergebnisse zunächst auch nur provisorischen Charakters, so ist doch deren Annäherung infolge des Umstandes, dass bereits das gesamte Beobachtungsmaterial einer Reduktion unterzogen worden war, und dass auf allen drei Stationen auch den Schlussfehlern bereits Rechnung getragen worden ist, eine so weitgehende, dass die definitiven Werte keinesfalls um mehr als einige Hundertelsekunden von den provisorischen Ergebnissen abweichen werden.“

Eine graphische Aufzeichnung der Schwankungen in Gestalt von Kurven zeigt, dass der Verlauf der Polhöhe in Honolulu vollständig entgegengesetzt ist dem an den drei europäischen Stationen (Berlin, Prag, Strassburg), so dass in betreff der unmittelbaren Ursache der Polhöhenänderung kein Zweifel mehr bestehen kann. „Die Schwankungen der Polhöhe sind thatsächlich durch Veränderungen in der Lage der Drehungsachse der Erde veranlasst.“

Die Ergebnisse der nordamerikanischen Kooperation in Honolulu bestätigen die oben angegebene Ansicht.

„Was den speziellen Verlauf der Kurven anlangt, so ergeben dieselben für die Stationen Berlin, Prag, Strassburg und Honolulu Amplituden der Polhöhenschwankungen von bezw. 0.59″, 0.55″, 0.61″ und 0.53″. Die Termine der Maxima und Minima stellen sich in Verbindung mit den Daten für Pulkowa auf:

	Berlin	Prag
Maximum	ca. 6. Sept. 1889	ca. 1. Aug 1889
Minimum	„ 16. Febr. 1890	„ 16. Febr. 1890
Maximum	„ 2. Sept. 1890	„ 9. Sept. 1890
Minimum	„ 16. März 1891	„ 27. Febr. 1891
Maximum	„ 1. Oktbr 1891	„ 3. Oktbr. 1891
Minimum	Anfang Mai 1892	Mitte Mai 1892

	Strassburg	Pulkowa
Maximum	—	—
Minimum	—	—
Maximum	—	ca. 14. Sept. 1890
Minimum	—	„ 15. April 1891
Maximum	ca. 12. Oktbr. 1891	„ 4. Oktbr. 1891
Minimum	„ 21. April 1892	Ende Mai 1892

denen für Honolulu die Werte

Minimum	ca.	1. Oktbr. 1891
Maximum	„	15. April 1892

gegenüberstehen.

Den obigen Daten entspricht eine Dauer der Periode von bezw.:

Berlin	Prag	Pulkowa
361 Tage	404 Tage	—
393 „	376 „	—
394 „	389 „	386 Tage
(412) „	(443) „	(411) „

Die in Klammern eingeschlossenen Werte sind aus dem Grunde nur unsicher bestimmt, weil sich infolge Abschlusses der Beobachtungen der Termin des letzten Minimums nur näherungsweise hat feststellen lassen.“

Die mittlere Dichte der Erde ist von J. H. Poynting mit Hilfe der Wage neu bestimmt worden[1]). Es wurden an einen 123 *cm* langen Wagebalken zwei 21 *kg* schwere Metallkugeln (aus Blei und Antimon) so gehängt, dass ihre Mittelpunkte etwa 30 *cm* über der Mitte einer grossen anziehenden Masse, etwa einer 153 *kg* schweren Kugel aus Blei und Antimon, schwebten. Diese anziehende Masse konnte durch einen Drehtisch bald unmittelbar unter die eine, bald unter die andere angezogene Masse gebracht werden und wurde durch eine halb so schwere, in entsprechende Entfernung gebrachte Masse balanciert. Die Gewichtsänderungen infolge der Anziehung bei den verschiedenen Lagen der grossen Kugel wurden gemessen und diese Messung wiederholt, nachdem der Abstand zwischen anziehender und angezogener Masse auf das Doppelte gesteigert worden. Die bei diesen Messungen erhaltenen schliesslichen Werte waren: Die Gravitationskonstante $= 6.6984 \cdot 10^{-8}$ und die mittlere Dichte der Erde $= 5.4934$.

Neue Beobachtungen am Horizontalpendel. Wie schon früher mitgeteilt worden, hat Dr. von Rebeur-Paschwiz im Jahre 1889 zu Wilhelmshaven und Potsdam Beobachtungen mit zwei photographisch registrierenden Horizontalpendeln ausgeführt, welche zu höchst überraschenden Ergebnissen führten. Sie zeigten nämlich, dass die Ebene des Horizontes ununterbrochen hin- und herschwankt, allerdings um so kleine Beträge, wie sie eben nur das Horizontalpendel nachweisen kann. Das Instrument besteht im wesentlichen aus einer dünnen, an dem einen Ende mit Gewicht

[1]) Proceed. of the Royal Society **50.** Nr. 302. p. 40.

beschwerten Stange, die an dem anderen Ende durch zwei straffe Drähte, die dicht nebeneinander befestigt sind, und von denen der eine nach dem oberen, der andere nach dem unteren Arme eines Stativs geht, freischwebend erhalten wird. Sind die beiden Befestigungspunkte nicht genau senkrecht übereinander, so ruft schon die kleinste Veränderung in der Lage der Lotlinie eine beträchtliche Änderung in der Gleichgewichtslage des Pendels hervor. Dadurch bietet der Apparat ein Mittel, um Winkelgrössen zu messen, die so klein sind, dass sie sich jeder sonstigen Wahrnehmung völlig entziehen. Die Wichtigkeit der erlangten Ergebnisse veranlasste die Königliche Akademie der Wissenschaften zu Berlin, den oben genannten Beobachter nach Teneriffa zu senden, um dort die Beobachtungen fortzusetzen. Dies ist vom 26. Dezember 1890 bis 27. April 1891 geschehen, und Dr. v. Rebeur-Paschwitz veröffentlichte die Ergebnisse seiner Untersuchung der Beobachtungen auf Teneriffa und in Wilhelmshaven sowie in Potsdam[1]). Diese Ergebnisse sind von höchstem Interesse. Zunächst wurde der Einfluss des Mondes auf die Lage der Lotlinie und die Existenz körperlicher Gezeiten der Erde untersucht. Es ergab sich durch unabhängige Beobachtungen an so weit voneinander entfernten Punkten, wie Norddeutschland und Teneriffa, dass in der That höchst wahrscheinlich körperliche Gezeiten der Erde vorhanden sind, d. h. dass unter dem Einflusse der Mondanziehung die starre Erdoberfläche sich um ein Geringes hebt und senkt, ähnlich wie der Ozean in Flut und Ebbe. Die Grösse dieser Schwankungen ist allerdings äusserst gering, aber am Horizontalpendel durchaus messbar, und etwas geringer als die auf- und absteigende Bewegung der Erdrinde, die der Beobachter im Falle einiger bemerkenswerten wellenförmigen Erdbewegungen auf Teneriffa direkt nachweisen konnte. Die Richtung der Lotlinie zeigt ausserdem eine tägliche periodische Änderung; von 9 Uhr morgens an, wo sie ihren westlichsten Stand hat, bewegt sie sich mit zunehmender Geschwindigkeit gegen Osten bis 4 Uhr nachmittags und kehrt dann, anfangs rascher, später langsamer, in die westliche Lage zurück. Diese Bewegung wird unzweifelhaft in hervorragendem Masse von der Sonnenstrahlung beeinflusst, und zwar handelt sich dabei nicht um wirkliche Änderungen der Lotrichtung, sondern um scheinbare, welche durch Bewegungen des Terrains verursacht werden. Wie diese letzteren zustande kommen, ist aber völlig rätselhaft, denn die Wärmewirkung der Sonne erstreckt sich nur bis in sehr geringe Tiefen. Um hierüber zu grösserer Klarheit zu gelangen, müsste man das Instrument im Inneren eines Bergwerkes aufstellen, dann würden schon Beobachtungen von einigen Tagen genügen, um festzustellen, ob die fraglichen Bewegungen sich bis zu grösseren Tiefen erstrecken oder nicht. Von allgemeinem und ganz besonderem Interesse sind die beobachteten seismischen Erscheinungen, welche Störungen im allgemeinen

[1]) Astr. Nachrichten. Nr. 3109.

Charakter der regelmässigen Bewegungen des Pendels hervorrufen. Eine besondere Klasse dieser Störungen wird in folgender Art vom Beobachter charakterisiert: Sie beginnen meist mit geringen Bewegungen, dauern oft viele Stunden, und der nachweisbare Zusammenhang einzelner Fälle mit entfernten Erdbeben lässt vermuten, dass sie alle der Fernwirkung von solchen zuzuschreiben sind. So zeigen die Kurven in Wilhelmshaven und Potsdam am 17. April 1889 gegen 17 Uhr Greenwicher Zeit eine grosse Störung, während 64 Minuten früher zu Tokio in Japan ein grösseres Erdbeben stattfand. Das zentralasiatische Erdbeben vom 11. Juli 1889 hat sich ebenfalls an dem Apparate bemerkbar gemacht, und zwar ergab sich, dass dem Hauptstosse Bewegungen vorhergegangen sind, die zwar für das Auge nicht wahrnehmbar waren, aber vom Horizontalpendel aufgezeichnet wurden. Gleichzeitig mit dem griechischen Erdbeben von Patras am 25. August 1889 finden sich Störungen in Potsdam und Wilhelmshaven. Eine besondere Klasse von Schwankungen des Pendels wurde mit einer Ausnahme nur auf Teneriffa beobachtet, sie bestehen darin, dass die Gleichgewichtslage des Pendels Oszillationen ausführt, ohne dass das Pendel in Schwingungen gerät. Aus den Aufzeichnungen des Apparates ist zu ersehen, dass dabei einem Systeme längerer Bodenwellen kleinere Bewegungen aufgesetzt sind. Nimmt man die Fortpflanzungsgeschwindigkeit dieser Bewegungen zu 2 *km* an, so lassen sich die Wellenlängen und die Höhenunterschiede zwischen Wellenberg und Thal berechnen. Es findet sich für eine Wahrnehmung zu Potsdam am 11. Februar 1889 eine Wellenlänge von 1080 *km* bei einer Wellenhöhe von 83.4 *mm*, auf Teneriffa wurden Wellenlängen von 200—900 *km* und 20—52 *mm* Höhe beobachtet. Diese Bewegungen reichen nahe an die Grösse der vermuteten körperlichen Gezeiten der festen Erde. Man erkennt aus dem Vorstehenden, welche Fülle von höchst wichtigen Thatsachen die Beobachtungen am Horizontalpendel ergeben haben. Besonders für die Erdbebenkunde bringen sie Aufschlüsse, deren weitere Verfolgung ein ungeahntes Licht auf den Zusammenhang zwischen Mondstellung und Erdbebenhäufigkeit wirft und der Hypothese Falb's auch den letzten Boden entzieht.

2. Oberflächengestaltung.

Die horizontale Gliederung der Festländer ist Gegenstand einer Arbeit von Dr. K. Ehrenburg gewesen[1]). Statt den Umfang einfach mit dem Flächeninhalte zu vergleichen, wie früher Humboldt und Ritter ausführten, oder mit Rohrbach den mittleren Grenzabstand als Ausdruck der Gliederung anzusehen, betrachtet Ehrenburg als Begriff der Gliederung „die Eigenschaft ihrer Gestalt, unter teilweiser oder ganzer Aufgabe ihres inneren und äusseren

[1]) Verhandl. der physik.-mediz. Ges. zu Würzburg N. F. 25.

Zusammenhanges mit mehr Teilen des sie umgebenden Mediums sich zu berühren, als dies bei allseitig gewahrtem Zusammenhange möglich wäre." Bei letzterem ist die mit der Figur gleichflächige Kalotte auf der Kugel die Fläche kleinsten Umfanges, und Ehrenburg vergleicht sie mit der kleinsten der Figur umschriebenen und der grössten derselben eingeschriebenen Kalotte, welche als Rumpf der Figur gilt.

Nennt man A die kleinste der Figur umschriebene, J die grösste ihr eingeschriebene und F die der Figur gleichflächige Kalotte, so hat man für die Hauptgliederung die Formel $H = \frac{A}{J\ F}$, und wenn F die ganze Erdoberfläche, so ist der allgemeine Gliederungskoeffizient:

$$Q = \frac{A\ T}{J\ F}.$$

Es findet nun der Verfasser diesen allgemeinen Gliederungskoeffizienten für: Europa = 447.6, Asien = 48.5, Afrika = 95.0, Australien = 347.9, Nordamerika = 160.6, Südamerika = 142.7.

Die allgemeinen Formen der Landoberfläche besprach Dr. Penck[1]). Die Landoberfläche, sagt er, ist in eindeutiger Weise auf das Meeresniveau projizierbar. Diese Regel ist so durchgreifend, dass jede Ausnahme bewundert wird. „Senkrechte und überhängende Felswände gehören jedenfalls zu den Seltenheiten im Gebirge, jede Höhle lenkt sofort die Aufmerksamkeit auf sich. Alle diese Ausnahmen, die man insgesamt als Höhlungen bezeichnen könnte, sind von geringer Ausdehnung, sie verschwinden im Gesamtbilde des Geländes, das aus den verschiedenartigsten Abdachungen zusammengesetzt wird. Die verschiedenen Einzelabdachungen der Landoberfläche sind derart miteinander verwachsen, dass sie insgesamt wiederum grosse zusammenhängende Abdachungen bilden, die sich meist nach dem Meere, teilweise aber auch binnenwärts senken. Der bei weitem überwiegende Teil der Landoberfläche wird von gleichsinnigen Abdachungen zusammengesetzt, und verhältnismässig unbedeutend sind jene Gebiete, aus welchen man nicht herausgelangen kann, ohne bergan zu wandern, in welchen also ungleichsinnige Abdachungen zusammenstossen. Derartige Gebiete sind dort, wo Wasser das Land benetzt, mit solchem erfüllt, dann nennt man sie Seebecken. Wo aber Wasser fehlt, da sind diese rings umwallten Einsenkungen leer, und es giebt keinen Namen für sie. Ich möchte alle solche durch ungleichsinnige Abdachungen ausgezeichneten Gebiete der Landoberfläche, welche höchstens 5% derselben umfassen, Wannen nennen.

In die erwähnten drei Hauptgruppen lassen sich alle Formen der Landoberfläche ungezwungen einordnen. Die Gebiete gleichsinniger Abdachungen umfassen alles Land, welches eine natürliche

---

[1]) Verhandl. des 9. deutschen Geographentages in Wien p. 28 u. ff.

oberflächliche Entwässerung besitzt, sowohl die echten Ebenen, als auch die Hügel- und Bergländer. Die ersteren tragen die Gleichsinnigkeit der Abdachung am deutlichsten zur Schau, indem sie sich gewöhnlich nach einer bestimmten Richtung hin gleichmässig senken. Hügel- und Bergländer sind nur dem Grade ihrer Unebenheit nach verschiedene Formen des Geländes, beide sind beherrscht von denselben Regeln ihrer Gliederung. Die Fallrichtung ihrer Abdachung ist keine bestimmte, sondern von Ort zu Ort wechselnde, sie wird am besten veranschaulicht durch die Böschungen der Gehänge und das Gefälle ihrer Thäler. Die Thäler sind es vor allem, welche die Gleichsinnigkeit der Abdachung alles Berg- und Hügellandes herstellen, und man kann daher die letztere Geländeform wohl passend als Thallandschaft bezeichnen, denn die Gestalt und der Verlauf der Thäler sind es, welche ihr Aussehen bestimmen. Stossen z. B. die Gehänge zweier benachbarter Thäler in einer scharfen Schneide zusammen, so hat man eine Hochgebirgslandschaft, verwachsen sie mit einander in einer sanft aufwärts gekrümmten Fläche, so bilden sie Mittelgebirgsformen, schaltet sich endlich zwischen zwei Nachbarthäler eine gegen deren Gehänge deutlich abgesetzte ebene Fläche ein, so hat man eine Tafellandschaft vor sich. Die beiden ersterwähnten Formen des Hoch- und Mittelgebirgslandes stehen überdies in der Regel in Abhängigkeit von der Tiefe der Thäler. Je tiefer letztere sind, desto mehr kommt, sofern sie nicht im Tafellande auftreten, der Hochgebirgscharakter zur Geltung. Es knüpfen sich die Hochgebirgsformen keineswegs, wie man oft wohl behauptet, an bestimmte Meereshöhen, sondern an bestimmte Höhenunterschiede, nicht mit der absoluten, sondern mit der relativen Höhe ist ihre kennzeichnende Eigenschaft verbunden.

Jedes Gebirge ist eine Thallandschaft, aber nicht umgekehrt ist jede Thallandschaft ein Gebirge. Es giebt Thallandschaften, welche zwischen grosse Erhebungen eingelagert sind, während andere sich durch einen Abfall von ihrer Umgebung abheben. Derartige, durch einen Abfall und damit verbundenen Fuss ausgezeichnete Thallandschaften sind die eigentlichen, echten Gebirge, die man nach ihrem inneren Baue in Stufengebirge, Verwerfungsgebirge, Faltungsgebirge, in vulkanische und andere Aufschüttungsgebirge einteilen kann.

Die Landoberfläche, so wie sie vorliegt, ist das Werk verschiedener, teils miteinander, teils gegen einander wirkender Kräfte. Die Wirkungsart aller einzelnen exogenen und endogenen Vorgänge lässt sich teils unmittelbar beobachten, teils aus ihren Werken erschliessen. Bei den Krustenbewegungen werden die einzelnen Gesteinskörper neben-, über- und untereinander geschoben und in die verwickeltesten Lagen gebracht, wie sich aus der Struktur der Erdkruste entnehmen lässt. Denkt man sich irgendwo die verschobenen Gesteinskörper vollkommen hergestellt, so würde man Formen der Landoberfläche erhalten, welche etwa das Aussehen der unregel-

mässig zusammengepressten Massen eines Eisstosses haben und keinerlei Ähnlichkeit mit dem gleichsinnig abgedachten Gelände besitzen würden. Die vulkanischen Aufschüttungen schaffen warzenähnliche Unebenheiten der Erdoberfläche, die sich zwar ringsum abdachen, die aber zwischen einander wannenförmige Vertiefungen, interkolline oder intermontane Räume, einschliessen, also wiederum nicht die Gleichsinnigkeit der Abdachung aufweisen. Keiner der endogenen Vorgänge kann eine Landoberfläche mit typischen Eigenschaften schaffen.

Von den exogenen Vorgängen strebt die Verwitterung ersichtlich nach einem Abmildern aller Böschungen; die Verwitterung kann wohl die Unregelmässigkeiten einer eisschollenähnlich verschobenen Kruste ausgleichen, überhängende Schollen abbrechen, aber gleichsinnig ineinander verflösste Abdachungen bildet sie nicht. Die Landoberfläche in ihrer jetzigen Erscheinung ist kein Werk der blossen Verwitterung. In vieler Beziehung sind sie Wirkungen der Strömungen von Luft, Wasser und Eis. Dieselben ergreifen die von der Verwitterung gelösten Teile, verfrachten sie und nutzen mit ihnen das Bett ihrer Bewegungen ab, korrodieren dasselbe. Alle drei Mittel können gelockertes Erdreich nicht bloss bergab, sondern auch bergauf verschleppen; dies thut der Wind, wenn er Staub in die Luft wirbelt, dies geschieht im Flusse, wenn eine Prallstelle ausgetieft wird, dies erfolgt nachweislich unter dem Gletscher. Wind, Fluss und Gletscher können daher in gleicher Weise Löcher ausfurchen, auskolken, deren Grösse um so stattlicher ist, je grössere Massen in Wirkung treten.

Durch lange Zeiten fortwirkend, würde das rieselnde und rinnende Wasser schliesslich das Land einebnen. Wenn nun heute die Landoberfläche im allgemeinen uneben ist, so zeugt dies entweder davon, dass das Wasser erst seit verhältnismässig kurzer Zeit in Wirkung ist, oder dass ihm unausgesetzt eine andere Kraft entgegenarbeitet. Die erstere Anschauung hat im vorigen Jahrhunderte geherrscht, die letztere hat sich durch Lyell allmählich eingebürgert und ist heute so allgemein angenommen, dass die Beweise ihrer Richtigkeit hier nicht wiederholt zu werden brauchen. Nach dieser letzteren Ansicht entspricht die Gesamterhebung des Landes dem Überschusse der Arbeit, welche die Krustenbewegung im Vergleiche zur Abtragung durch das rinnende Wasser geleistet hat. So erscheint denn die endogene Ursache wirksamer als die exogene. Andererseits aber lehrt die Gleichsinnigkeit des Gefälles der Landoberfläche, dass die Krustenbewegung nicht kräftig genug ist, um die Werke des abspülenden Wassers zu zerstören. So ergiebt sich denn eine bemerkenswerte Beziehung zwischen den Intensitäten zweier die Landoberfläche gestaltenden Kräfte; die Krustenbewegung schafft gewaltige Erhebungen, die Abspülung durch das Wasser drückt letzteren die Gleichsinnigkeit des Gefälles auf.

Das Auftreten und die Entstehung der Wannen knüpft sich im allgemeinen an Länder, welche oberflächlich nicht stets von Wasser berieselt werden. Das rinnende Wasser ist der Wannenbildung feindlich, und sobald ein Wannenland aus irgend welcher Ursache vom Wasser überspült wird, so erlöschen seine Wannen. Sie werden bis zum Überlaufen vom Wasser erfüllt, es entstehen Flussseen, in denselben werden Flussanschwemmungen abgelagert, währenddes der Abfluss den Seeriegel zu zerschneiden beginnt. So wird die Wanne verkleinert und allmählich in den Bereich der gleichsinnigen Abdachung einbezogen. Während der Übergangszeit birgt sie einen Süsswassersee; Flussseeländer bezeichnen daher einen Übergang zwischen den Gebieten gleichsinniger und ungleichsinniger Abdachungen, und zwar, da die Wannenbildung in grossem Massstabe in reichlich benetzten Ländern ausgeschlossen erscheint, stellen sie einen zeitlichen Übergang vom Wannen- zum Gefällslande dar. Mit diesem durch allgemeine Überlegungen erschlossenen zeitlichen Übergange paart sich ein räumlicher. Die Flussseeländer umrahmen die eigentlichen Wannenländer. Rings um die an leeren Wannen reichen Wüstengebiete ordnen sich grosse Süsswasserseen; der Baikalsee, der Göktschesee, der Platten- und Neusiedlersee, die grossen afrikanischen Seen sind Beispiele dieser Art. Rings um die heutigen Gletschergebiete, deren Krustenoberfläche wannenreich sein muss, scharen sich zahllose grosse und kleine Flussseen. Ganz Nordeuropa, gleichsam die Umgebung der skandinavischen Gletscher darstellend, ist übersäet mit Seen, dasselbe gilt vom nördlichen Nordamerika, welches das Vorland der grossen grönländischen Vereisung bildet. Um die Gletscher der Alpen gruppieren sich die Alpenseen, dies gilt vom europäischen Alpengebirge ebenso wie vom neuseeländischen, um die patagonischen Gletscher erstreckt sich ein Kranz von Flussseen. In allen Karstländern endlich gesellen sich zu den leeren Wannen der Dolinen, blinden Thäler und Polzen zahlreiche wassererfüllte Wannenseen mit schwankendem Spiegel.

Die Landoberfläche ist oft mit einer Ruine verglichen worden. Das ursprüngliche, aus Krustenschollen aufgeführte Bauwerk ist mehr oder weniger zerstört, die einzelnen Schollen sind nicht mehr vollständig, ihre Trümmer sind weit fortgeführt worden, teilweise sind sie im Meere abgelagert, teilweise aber sind sie ähnlich Schutthaufen auf dem Lande liegen geblieben. Dieser Vergleich ist richtig, sobald man betont, dass Errichtung und Zerstörung des Gebäudes gleichzeitig geschehen, er lässt erkennen, dass dreierlei Gruppen von Formen das Land aufbauen; man hat es zunächst mit denjenigen zu thun, welche das unmittelbare Werk des Aufbauens sind, das sind die tektonischen oder aufgebauten Formen. Dieselben sind mehr oder weniger zerstört, aus ihnen sind durch die exogenen Vorgänge neue herausgeschnitten, die man daher als Skulpturformen oder ausgearbeitete bezeichnet, hier und da sind die Trümmer mit besonderen Formen abgelagert, dies sind die aufgesetzten und eingelagerten.

Diesen drei Gruppen lässt sich fast der gesamte Formenschatz der Landoberfläche unterordnen. Die aufgebauten Formen bestimmen die allgemeine Verteilung von Hoch und Niedrig auf der Erdkruste, die verschiedenen ausgearbeiteten und aufgesetzten, bezw. eingelagerten Formen erscheinen untergeordnet bald als Gebiete gleichsinniger, bald als solche ungleichsinniger Abdachung, je nach der Art der zerstörenden oder aufbauenden Kräfte. Dort, wo ausgearbeitete Formen herrschen, wird die Erdkruste zerstört und abgetragen, denudiert. Dort, wo aufgesetzte vorwalten, wird sie in der Regel vergrössert, es finden Anhäufungen statt. Im Bereiche der ausgearbeiteten Formen gehen die Formen fortwährend spurlos zu Grunde, im Bereiche der aufgesetzten werden bereits gebildete Formen durch neue bedeckt, also aufbewahrt. Das, was von den Landoberflächen früherer geologischer Perioden vorhanden ist, beschränkt sich auf derartige ehemalige aufgesetzte oder eingelagerte Formen, welche durch mehr oder weniger mächtige Kontinentalgebilde dargestellt werden. Zu sehr geneigt, in allen Schichtgesteinen Absätze uralter Meere zu erblicken, hat man derartige Kontinentalformationen häufig übersehen, wiewohl sie keineswegs selten vorhanden sind. Sie insgesamt zeichnen sich durch das mehr oder weniger grobe Korn ihrer Gesteine aus, durch äusserst schwankende Mächtigkeit, oft nur örtliches Auftreten und in der Regel durch Mangel an Versteinerungen, sowie das gelegentliche Auftreten von Kohlenschmitzen. Das Rotliegende, höchstwahrscheinlich auch der bunte Sandstein, ein guter Teil des Keuper, der Wealden, gewiss auch eine Anzahl Flyschbildungen, die meisten Braunkohlenbildungen Deutschlands und alle Böhmens, die gesamte Süsswassermolasse des Alpenvorlandes sind eher als Kontinentalbildungen zu bezeichnen, als wie lakustre oder gar marine, wofür sie bislang galten. Das Einschalten solcher Kontinentalgebilde an bestimmten Stellen der geologischen Schichtfolge lässt mutmassen, dass die einzelnen Abschnitte der geologischen Zeitrechnung bestimmten Entwickelungsphasen in der Verteilung von Wasser und Land, also in der Physiognomie unseres Planeten entsprechen; ein eingehendes Studium jener Gebilde wird ferner greifbare Ergebnisse über die Vorgänge, welche einst auf der Landoberfläche spielten, somit auch über den ehemaligen klimatischen Zustand der Erde liefern."

Allmähliche Veränderungen der Höhenlage von Orten auf der festen Erdoberfläche[1]). Ein Gebiet, auf dem solche Veränderungen der Bodenoberfläche vor sich gehen, findet sich im französischen Juradepartement am Oberlaufe des in die Rhone mündenden Flusses Ain. Dort liegt 1 *km* südlich vom Chalainsee der Ort Doucier und 0.5 *km* nördlich von diesem See das Dorf Marigny. Beide Orte waren zu Anfang dieses Jahrhunderts gegenseitig nicht sichtbar, indem sie von einem Hügel verdeckt wurden, so dass selbst von dem höchstgelegenen Hause, genannt Maison de l'Horloger, in

[1]) Gaea 1892. p. 586.

Doucier, nichts von Marigny zu sehen war. Im Laufe der Jahre änderte sich dies, und der letztgenannte Ort begann allmählich sichtbar zu werden, ohne dass etwa Entwaldung oder dergleichen die Ursache ist. Zuerst bemerkte man von Marigny aus über den See hinweg das Dach des obengenannten Hauses. Dann sah man umgekehrt von jenem Hause aus eine bei Chatillon liegende Ziegelei, dann gegen Südost hin eine bei Monnans gelegene Scheune, die vor 40—50 Jahren nie gesehen werden konnte. Bekanntlich spielt im Sichtbarwerden von Punkten im oder jenseits des Horizontes die Strahlenbrechung in der Luft eine sehr grosse Rolle, allein im vorliegenden Falle kann diese nicht zur Erklärung der Erscheinung herangezogen werden, vielmehr muss man aller Wahrscheinlichkeit nach an leise Veränderungen in der Höhenlage denken, um so mehr, als auch noch mehrere andere Punkte, die früher unsichtbar waren, nunmehr dauernd in den Gesichtskreis von Doucier getreten sind. Um diese höchst merkwürdige Thatsache genauer zu studieren, hatte der Ingenieur Pernot schon 1883 in Doucier zwei Beobachtungsstationen eingerichtet; allein die Beobachtungen wurden 1884 durch ein Erdbeben beeinträchtigt. Seitdem sind sie indessen wieder aufgenommen worden. Das Verfahren besteht darin, dass von Doucier aus nach bestimmten Punkten der oben bezeichneten Orte mittels eines Fernrohres visiert wird, während auf dem zwischenliegenden Hügel ein Visierzeichen angebracht ist, dessen oberster Teil genau in die gleiche Höhe mit der Linie von Doucier nach dem beobachteten Punkte gebracht wird. Unter Berücksichtigung der Strahlenbrechung und der kleinen Beobachtungsfehler findet sich aus den bisherigen Untersuchungen, dass von 1885—1890 geringe Veränderungen in der gegenseitigen Höhenlage stattgefunden haben, doch beschränken sie sich während dieser Zeit nur auf einige Zentimeter, sind also noch zu gering, um als unzweifelhaft nachgewiesen betrachtet zu werden. Sie unterstützen aber durchaus die populären Wahrnehmungen, dass in den letzten 40—50 Jahren grössere Veränderungen eingetreten sein müssen. Neuerdings hat nun der Geniehauptmann A. Romieux in einem Gutachten darauf hingewiesen, dass staatlicherseits ein Präzisionsnivellement der oben bezeichneten Punkte vorgenommen werden müsse und dieses nach einer Anzahl von Jahren zu wiederholen sei. Hoffentlich wird dies in Bälde ausgeführt, denn die Erscheinung ist wissenschaftlich von allergrösster Wichtigkeit, ihre Ergründung könnte dazu beitragen, helles Licht über einige der dunkelsten Punkte der Geologie und physischen Erdkunde zu verbreiten.

Der Gebirgsbau der Westalpen ist auf Grund eigener Untersuchungen und des Studiums der darüber vorhandenen Litteratur von Dr. C. Diener dargestellt worden [1]. Als Hauptergebnis dieser Untersuchungen findet er folgendes:

---

[1]) Der Gebirgsbau der Westalpen von Dr. C. Diener, Wien 1891.

Es besteht eine ausgesprochene tektonische Homologie zwischen den Westalpen und der westlichen Hälfte der Ostalpen.

Keine der beiden durch das Hervortreten krystallinischer Zentralmassen ausgezeichneten Hauptzonen der Westalpen findet in den Ostalpen eine Fortsetzung.

Die Kalkalpenzone der Nordostschweiz mit dem vorliegenden gefalteten Molassestreifen ist die einzige Zone der Westalpen, die, ohne eine Unterbrechung zu erleiden, über den Rhein in die Ostalpen fortsetzt und durch das Kreide- und Flyschgebiet des Bregenzerwaldes in die ostalpine Sandsteinzone übergeht.

Die tektonische Grenze zwischen den Ost- und den Westalpen folgt von Nordosten her bis zum Rheinthale dem Kontakte zwischen der Flysch-Kreidezone und der nördlichen Triaszone der Ostalpen, dann dem Rheinlande selbst bis in die Nähe von Reichenau; vom Südrande des Rhaetikon bis Reichenau ist die Grenze durch den Westrand des Prettigausenkungsfeldes, von Reichenau weiterhin bis Olivone im Val Blegno durch den Kontakt der Zone des Briançonnais und des Adulasystems markiert. Von Olivone bis Biasca fällt sie mit dem Val Blegno, bis Claro mit dem Tessinthal, beziehungsweise mit der Scheidelinie zwischen Adulasystem und dem der Zone des Monte Rosa zusammen. Ihr weiterer Verlauf wird bis in die piemontesische Ebene hinaus durch den Amphibolitzug von Ivrea bezeichnet.

Die Hoch-Anden von Ecuador sind im Verlaufe eines 20-jährigen Aufenthaltes in der genannten Republik von Dr. Theodor Wolf durchforscht worden. In der Berliner Gesellschaft für Erdkunde[1]) gab er eine Darstellung der geographischen Verhältnisse Ecuadors und speziell der Hoch-Anden, die von grosser Wichtigkeit ist. Zunächst hob er hervor, dass das ganze ecuadorische Hochland auf unseren Karten viel zu weit westlich liegt; auf einer von Dr. Wolf bearbeiteten Karte wird es erheblich östlicher zu liegen kommen. Der bisherige Irrtum ist durch Humboldt entstanden, der nach seinen Beobachtungen die westliche Länge vieler dortiger Punkte viel zu klein gefunden hatte. Erst die genaueren Aufnahmen der pacifischen Küste Südamerikas durch die Engländer in den vierziger Jahren haben richtigere Werte geliefert. Nicht minder irrtümlich hat Humboldt die Bifurkation der Kordilleren geschildert, die nach Wolf weit südlicher beginnt, als er dargestellt, auch ist der von Humboldt oft gebrauchte Ausdruck „Hochebenen“ und „Hochplateaus“ nur cum grano salis zu nehmen. Wirkliche Ebenen findet man nach Wolf im ecuadorischen Hochlande nur selten, und dann sind sie von sehr geringer Ausdehnung. Fast überall ist das interandinische Terrain furchtbar von Schluchten zerrissen und ganz uneben, weshalb Wolf den Ausdruck „Hochbecken“ vorzieht. Die Berichtigungen, welche letzterer vielen Humboldt'schen Angaben zu teil werden lässt, können nicht wunder nehmen, wenn man bedenkt, dass

[1]) Verhandl. d. Ges f. Erdkunde zu Berlin. 18. p. 551 u ff.

Humboldt jene Gegenden doch nur flüchtig besuchte, während Wolf sich zwei Jahrzehnte dort aufhielt und sie im Auftrage der Regierung durchforschte. Von allgemeinem Interesse ist das Landschaftsbild der Anden, welches Dr. Wolf entwirft, und dem folgendes hier entnommen ist:

„Wenn man von jenen 2000 bis 3000 *m* hoch gelegenen Thälern und Becken, von jenen 4000 *m* hohen, durch tiefe Schluchten zerrissenen Gebirgsketten, von den 5000 bis 6000 *m* hohen Schneebergen hört, so denkt man zunächst an einen alpinen Charakter der Landschaft, und doch ist diese Vorstellung nicht zutreffend. Ich weiss allerdings nicht, wie die Anden in der gemässigten Zone, in Chile, aussehen; aber unter dem Äquator möchte ich fast dem alpinen Charakter den andinen gegenüberstellen; ich finde keinen anderen Ausdruck, es ist ein Landschaftscharakter sui generis.

Die äussere Abdachung der Anden, also die Westseite der Westkordillere und die Ostseite der Ostkordillere, ist von der Ebene an bis an die Grenze des Baumwuchses (3000 *m*) mit dichtestem Urwalde bestanden, durch den man sich nur unter unsäglichen Mühsalen, selbst auf den sogenannten Wegen, durcharbeiten kann. Selten hat man einen offenen Blick rückwärts über die Tiefebene oder vorwärts auf das steil ansteigende Gebirge. Diese ganze Zone von etwa 200 bis 3000 *m* ist fast garnicht bewohnt. Nur in wenigen Thälern, durch welche Wege hinaufführen, trifft man, vereinzelt und wie im Urwalde verloren, kleine Zuckerrohr- und Kaffeepflanzungen und die sogenannten trapiches, Zuckermühlen primitivster Art. Wo immer man ins Hochland vordringen will, von Loja bis Ibarra hinaus, muss man diese Region passieren. Der unterste Anstieg, bis etwa 1000 *m* Höhe, ist gewöhnlich der schlimmste. Wenige Tage des Jahres sind hier regenfrei, wenigstens regnet es jede Nacht hindurch und am Vormittage bis 10 Uhr; selten bekommt man die Sonne zu sehen, alles trieft von Feuchtigkeit, eine erdrückende Schwüle herrscht in dem fast nie durch einen Luftzug bewegten Walde. Körper und Geist erschlaffen, und der Reisende sehnt sich hinaus aus dieser üppigen Vegetation mit ihren riesigen Blattformen, ihren Ranken und Schlinggewächsen, ihrem undurchdringlichen Buschholze. Totenstille herrscht gewöhnlich im düsteren Urwalde, nur hier und da durch das Gebrüll der Affen oder das hässliche Geschrei der Papageien unterbrochen. Begegnet man hin und wieder den Menschen, die in diesen Gegenden zu leben gezwungen sind, so gleichen sie wandelnden Gerippen, von Fieber und Dysenterie, von Indolenz und Entnervung aufgezehrt. Hier teilt die Natur mit einer Hand die reichsten Gaben aus, mit der anderen raubt sie Gesundheit und Leben. — Schweisstriefend arbeiten sich Menschen und Tiere über die ersten Vorstufen der Kordillere hinauf; nirgends sind die Wege schlechter als hier. Bald geht es durch grundlose, mit faulenden Pflanzenstoffen erfüllte Moräste, bald über steile aus Geröll und riesigen Blöcken aufgehäufte Schotterterrassen, bald an schlüpfrigen Berglehnen entlang, wo das Porphyrgestein metertief zersetzt und ganz in weichen Lehm aufgelöst ist. Endlich erfasst gewöhnlich der Saumpfad in der Höhe von etwa 1000 *m* den Kamm eines Ausläufers oder Strebepfeilers der Kordillere und windet sich im Zickzack über dieser Wasserscheide zweier Thäler bis zur Baumgrenze empor. Wie erlöst atmet man auf, wenn man in 2000 *m* Höhe in die kühleren Regionen kommt; ein frischer Wind weht vom Gebirge herunter, der Boden wird fester und haltbarer, auch die Vegetation hat sich unterdessen gänzlich verändert. Die Bäume des noch immer dichten Urwaldes haben nicht mehr die kolossalen Dimensionen wie im Tieflande; nur die schlanken Wachspalmen ragen noch hoch darüber hinaus, und die eleganten, zartgefiederten Baumfarne geben dem Walde ein heiteres Ansehen. Hier ist der Wald am blütenreichsten, und besonders erfreut das Auge die Unmasse

der epiphytischen Gewächse aus den Familien der Farne, Orchideen, Bromeliaceen, Aroideen; hier ist die Heimat der meisten und schönsten Orchideen. — Je höher wir steigen, desto mehr werden wir dem Tropischen entrückt; der Wald wird immer lichter, die Bäume werden knorrig und niedrig, es zeigen sich grössere von Gras und niedrigem Gesträuche bewachsene Abhänge, und endlich reiten wir auf schmalem Pfade durch hohes Büschelgras, welches, soweit das Auge reicht, rechts und links und über uns das Gebirge einförmig überdeckt. Wir sind im Páramo angekommen, in 3000 bis 3300 *m* Höhe. Unterdessen ist die Luft auch recht kühl geworden, und selbst bei schönstem Wetter werden wir einen warmen Überzieher hervorsuchen, besonders, da wir so direkt aus dem heissen Tieflande heraufgestiegen sind. Auf den meisten Wegen ins Innere vollzieht sich der schroffe Übergang in einem oder anderthalb Tagen. — Der Übergang über die hohen Páramos nimmt nun, je nach der Breite des Kordillerenrückens, eine längere oder kürzere Zeit in Anspruch, und an einigen Stellen, wie z. B. beim Übergange über den Chimborazo nach Riobamba oder über den Cajas nach Cuenca, muss man noch mehr als 1000 *m* höher steigen und kommt dann über ein vegetationsleeres, nicht selten beschneites Joch auf die andere Seite hinüber; da kann es dann leicht vorkommen, dass man sich auf Augenblicke ins heisse Tiefland zurücksehnt! — Doch nehmen wir an, dass unser Weg über einen schmalen und mässig hohen Gebirgsrücken in ein Hochthal führe. Wer die Reise zum ersten-Male macht, wird, auf dem Kamme angelangt, sein Pferd anhalten und mit höchstem Erstaunen in eine ganz neue Welt hineinblicken. Plötzlich und unerwartet glaubt er sich in eine nordische Landschaft versetzt, in der gar nichts mehr an die Gegend erinnert, welche er vor wenigen Stunden verlassen hat. — Etwa 500 *m* tiefer als unser Standpunkt dehnt sich ein 2 bis 3 Meilen breites und 4 bis 5 Meilen langes Becken aus, rings von 4000 *m* hohen Gebirgswällen eingefasst und von einzelnen Schneekegeln überragt. Auf den Hügeln, Bergabhängen, Ebenen breiten sich Weizen-, Gersten-, Kartoffel- und Luzernefelder aus, Dörfer mit Häusern aus Stein oder „adobes“ (Luftziegeln), viele weiss getüncht, nehmen die Stelle der Holzhütten des Tieflandes ein, mitten in der Ebene deutet eine grössere Anhäufung von Gebäuden zwischen Weiden und Erlen auf die Hauptstadt der Provinz hin; lange Aloe- und Kaktushecken trennen die Felder von einander ab; die strohgedeckten Erdhütten der Indianer liegen überall durch Thal und Berggehänge hingestreut. Der Wald fehlt ganz, nur hier und dort zieht sich ein schmaler Streifen von Buschwald zwischen der Kulturzone und der höheren Páramo-Region hin; auf den Feldern stehen vereinzelt Capulí-Bäume (Prunus salicifolius), deren herbe Früchte selbst unseren schlechtesten Vogelkirschen nachstehen; einige andere Fruchtbäume werden in den Gärten der Hacienden gezogen, doch liegt das Land der tropischen Früchte weit hinter uns im tiefen Westen unten, woher das Hochland seinen Bedarf bezieht.

Übersieht man so ein Hochland aus der Ferne, so macht es einen wirklich grossartigen Eindruck, alle Verhältnisse gehen ins Kolossale; aber mit einem Alpenlande kann man es nicht vergleichen. Es fehlen zunächst die langen, von ewigem Schnee bedeckten Ketten mit ihren Zacken, Hörnern, Schroffen, wie sie den Alpen eigen sind. Nur auf kurze Strecken der entferntesten Ostkordillere, welche dem gewöhnlichen Reisenden nie sichtbar werden, trifft man ewigen Schnee auf den Kämmen; gewöhnlich sind die oberen Teile der Gebirge abgerundet und ganz von der olivenbraunen Grasdecke der Páramos überzogen. Die herrlichen Kontraste zwischen Gletschern, nackten Felsklippen, saftgrünen Alpenweiden und dunklen Tannenwäldern, wie sie uns in den Alpen auf jedem Schritte und Tritte begegnen, fehlen in den Anden ganz oder sind auf wenige Punkte, welche alle 50 Jahre einmal ein Naturforscher besucht, beschränkt. Gewiss sind die hohen, schneebedeckten Vulkane der Anden eine grossartige Erscheinung und jeder für sich ein anzustaunendes Naturwunder; allein sie

treten zu vereinzelt auf, als dass aus ihnen ein Schneegebirge entstände, sie verleihen den Kordilleren allerdings einen eigentümlichen Charakter, aber nicht den alpinen. So oft ich einen Vergleich zwischen Alpen und Anden anstellte, fiel derselbe immer zu Ungunsten der letzteren aus. — Wenn der Kontrast schon bei der Fernsicht sehr ausgesprochen ist, so steigert er sich beim Eingehen auf die Details noch bedeutend. Vor allem sind die andinen Hochthäler nicht im entferntesten mit den Alpenthälern zu vergleichen. Es giebt einzelne Teile, besonders in den Thälern von Ibarra, Chillo, Cuenca und Loja, in welchen ein mildes Klima, genügende Bewässerung und ein fruchtbarer Boden auch bei leichtfertigster Bestellung reichliche Ernten ermöglichen, und in denen die Hacienden von lieblichen Myrten- und Orangenhainen umgeben sind. Aber solche Stellen sind verhältnismässig selten. Im allgemeinen wird eine Reise durch die Hochthäler den Eindruck der Dürre, Öde und Unfruchtbarkeit machen. Zwei Drittel des Bodens liegen wüst und unbebaut, sei es, dass er sich bei seiner sandigen oder lehmigen Beschaffenheit überhaupt nicht zum Feldbau eignet, sei es, dass er nicht bewässert wird. Überhaupt geben uns die Felder und ihre Bestellungsart die traurigsten Begriffe von der Indolenz der Einwohner. Es ist nichts seltenes, statt des eisernen Pfluges ein krummes zugeschärftes Stück Holz benutzen und statt der Zugtiere ein paar Indianer vorgespannt zu sehen. Ich habe nie ein Feld düngen sehen und Saatenstand preisen hören, welchen jeder deutsche Bauer untergeackert hätte Das Getreide wird allgemein alttestamentlich von den Ochsen auf dem Felde ausgetreten; der Mais wird nur 2 bis 3 Fuss hoch und braucht 11 Monate zum Reifen, die Kartoffel fast ebenso lange So eine Wirtschaft ist nur möglich, wo der Boden fast gar keinen Wert besitzt, und wo man die Arbeit der leibeigenen Indianer umsonst hat. Das ecuadorische Hochland ist ein armes, ein sehr armes Land und hat keinen Teil an der gepriesenen Fruchtbarkeit der Tropenländer. Unsere Alpenländer sind zum Teile auch recht arm; aber welch ein himmelweiter Unterschied, besonders wenn wir die Bevölkerung mit in den Vergleich ziehen. (Und der Mensch und sein Treiben gehört nun einmal mit zu einem Naturgemälde und beeinflusst oft nicht wenig unsere Naturanschauungen.) — Treten wir in ein ecuadorianisches Hochlandsdorf, so werden auch nicht unsere bescheidensten Ansprüche und Erwartungen befriedigt. Die meisten Häuser, von ferne vielleicht freundlich blickend, verwandeln sich in elende, fensterlose Hütten voll Schmutz und Ungeziefer; Getreide wächst in der Umgegend, aber Brot bekommen wir nicht; Kühe weiden auf den mageren Triften, aber Milch giebt es keine; an Fleisch ist gar nicht zu denken; wo wir hinblicken, begegnen wir der in Lumpen gehüllten Armut und träger Indolenz. Die Wege scheinen nur da zu sein, um die Kommunikation zu erschweren; Dörfer, scheinbar einen Büchsenschuss von einander entfernt, sind durch Schluchten und Wege getrennt, welche der Regen von ein paar Stunden unpassierbar macht, oder nur auf stundenweiten Umwegen zu erreichen. Wir sind in einen der vergessensten Winkel der Erde verschlagen, welcher durch himmelhohe Berge gegen die Zivilisation abgeschlossen und von einem weit zurückgebliebenen, sorglosen und gleichgiltigen Volke bewohnt wird. Die Ruhe des Kirchhofs lagert über diesen Thälern, und ein Zug tiefer Melancholie und Traurigkeit, welchen man bei den Hochlandsindianern durchgängig findet, teilt sich auch dem fremden Wanderer mit. Diese melancholische und traurige Stimmung rührt aber nicht allein von den sozialen Zuständen her, sie liegt so zu sagen in der andinen Luft und bildet einen bemerkenswerten Gegensatz zu der heiteren fröhlichen Stimmung der Alpenwanderer. Ich schreibe sie dem Einflusse der Páramos zu.

Wie man auf der Karte sieht, nehmen die interandinen Hochthäler einen verhältnismässig geringen Raum ein, aber der bebaute oder bebaubare Flächenraum schmilzt noch weit mehr, vielleicht auf die Hälfte zusammen; denn die über 3000 *m* hohe Region ist viel weiter ausgebreitet,

als die darunterliegende, so dass also Hoch-Ecuador wesentlich ein Páramoland ist Man mag von der Küste kommen oder zur Küste gehen oder von einem Becken ins andere reisen, stets führt der Weg über ausgedehnte Páramos. Der Reichtum der Landgüter besteht oft nur in so und so viel Quadratmeilen von Páramos, d h in den paar tausend Stück Vieh, das darauf in halbverwildertem Zustande weidet. Der arme Indianer, der keine eigene Scholle besitzt, treibt seine Schafe auf jene Páramos, die nicht im Privatbesitze, sondern freies Gemeinde-Eigentum sind. So ist ein grosser Teil der Hochlandsbewohner, besonders der indianischen, in seinen Interessen und Gewohnheiten fest an den Páramo gebunden

Wir müssen wohl den in Ecuador und Columbien gebräuchlichen Ausdruck Páramo beibehalten, denn im Deutschen kenne ich kein Wort, welches seinen Sinn getreu wiedergäbe (auch zweifle ich, dass die „Puna" in Hoch-Peru und Bolivien ganz denselben Charakter trägt). Man bezeichnet damit jene über 3000 *m* hoch gelegenen Gebirgsgegenden, in welchen die Rauheit des Klimas den Feldbau nicht mehr gestattet, und die sich durch eine einförmige Grasvegetation auszeichnen. Wald trifft man selten in grösserer Ausdehnung und fast nur in geschützten Schluchten; doch scheint er, wenigstens der Buschwald, früher grössere Verbreitung gehabt zu haben und vom Menschen niedergebrannt zu sein, um die freien Weideflächen auszudehnen. Wäldchen von knorrigen Kenuabäumen (Polylepis) finden sich bis in 4000 *m* Höhe; auch will ich erwähnen, dass ich einmal eine Gruppe von 20 Fuss hohen Baumfarnen in einem dazumal beschneiten Páramo der Ostkordillere von Cuenca gefunden habe, in 3400 *m* Höhe, wo sie wohl kein Botaniker gesucht hätte. Ich glaube kaum, dass Baumfarne vorher je in solcher Höhe beobachtet wurden. Ein andermal fand ich sie in 3200 *m* Höhe bei Papallacta hinter dem Antisana, wo sie ebenfalls vorübergehend mit Schnee bedeckt waren. Aber, wie gesagt, Baumvegetation ist im Páramo selten; bei weitem vorherrschend und den ganzen Eindruck bestimmend ist die Decke des groben, hohen Ischugrases, welches auf grosse Strecken kaum eine andere Pflanze zwischen seinen Büscheln aufkommen lässt. Es reicht dem Fussgänger bis an die Hüften, oft bis unter die Arme und macht das Wandern im Páramo sehr beschwerlich, sobald man die ausgetretenen Fusspfade verlässt. Zwei Drittel der steifen, im frischen Zustande graugrünen Grasblätter sind in den Büscheln stets verdorrt und braungelb, so dass der ganze Páramo in düsterem Braungrün oder Olivenbraun erscheint. Nie wechselt diese Farbe, da es keinen Sommer und keinen Winter, nur ein ewiges Einerlei giebt.

Was den Páramo besonders unangenehm und nicht selten gefährlich macht, sind die eigentümlichen Witterungsverhältnisse, die Rauheit und Unbeständigkeit des Wetters, welches oft in einem Tage mehrmals schroff von einem Extreme ins andere überschlägt. Da sich der Páramo von 3000 bis 4500 *m* Höhe ausdehnt, so kann man nicht wohl von einer mittleren Jahrestemperatur der ganzen Region sprechen. Sie beträgt 8° bis 4° C., je nach der Lokalität, ist also immerhin niedrig genug, wenn man bedenkt, dass es eben keinen Sommer und Winter giebt, dass es die Mitteltemperatur eines jeden Monats, ja fast eines jeden Tages ist. Charakteristisch sind die fortwährend sich erzeugenden Nebel, welche die höheren Gebirgsteile oft wochenlang einhüllen und jeden Tag mehrmals als Regen, Schnee oder feiner Hagel niederfallen Dabei rast gewöhnlich ein orkanartiger Wind, welcher Ross und Reiter wegzufegen droht und in der That nicht gar selten in Abgründe schleudert. Nach einem Paroxismus kann plötzlich eine viertelstündige Windstille eintreten, und die Sonne ganz warm niederscheinen; aber bald beginnt das böse Spiel von neuem. Es ist ein fortwährendes Aprilwetter abscheulichster Art, das wochenlang anhalten kann, und zwar gerade dann, wenn in den zentralen und tiefer gelegenen Teilen der Hochbecken das schönste Wetter herrscht, und es wenig regnet, also in den Monaten vom Mai bis Oktober. Wenn auch das Thermometer

nicht häufig unter Null fällt, wenigstens nicht bei Tage, so ist doch die Kälte in dem Nebel und Regen der Páramos so Mark und Knochen durchdringend, dass sie geradezu erlähmend wirkt, und es kommt nicht selten vor, dass Weisse und Indianer, besonders die aus dem warmen Tieflande kommenden Napoindianer, wenn sie von schlechtem Páramowetter überrascht werden, erstarren und sterben. Kein Wunder also, wenn einheimische und fremde Reisende den Páramo fürchten und ihn zum Tagesgespräche machen, wenn selbst der zähe Hochlandindianer nur gezwungen auf längere Zeit jene Gegenden betritt. Jeder sucht, so rasch wie möglich über den Páramo wegzukommen, denn selten bleibt das gute Wetter mehrere Tage beständig, jeden Augenblick kann es umschlagen. Der Forschungsreisende, welcher Wochen und Monate lang in diesen unwirtlichen Gegenden umherziehen muss, hat immer Mühe, einheimische Führer und Begleiter zu bekommen, und muss überhaupt für Páramo-Exkursionen spezielle Vorkehrungen treffen.

Selbst wenn das Wetter nicht gar zu schlecht ist, zeigt sich der Páramo stets öde und melancholisch; das Ischugras ist unser einziger Gefährte, kahle düstere Berge unser einziger Anblick, kein Baum, kein Strauch, geschweige denn eine menschliche Wohnung, bietet Abwechslung oder Schutz; wir sind allein in der Wildnis, und das Gefühl der Einsamkeit und Verlassenheit verfolgt uns überall Oft meilenweit in der Runde erschliesst sich dem Geognosten nirgend durch anstehendes Gestein der innere Bau der Gebirge. Der Botaniker möchte beim Anblicke der trostlosen braunen Grasdecke verzweifeln und verwünscht sein Geschick, das ihn aus der üppigen Waldvegetation hier herauf geführt hat; doch wird er, wenn er sich nicht verdriessen lässt, unter den Grasbüscheln herumzukriechen, manches Pflänzchen finden, welches gleichsam trauernd sein Blütenköpfchen dem wärmenden Boden anschmiegt, manche seltene Spezies aus europäischen Gattungen (Gentianen, Saxifragen, Primeln) wird ihn da überraschen, obwohl die Páramoflora keinen Vergleich mit der europäischen Alpenflora aushält; es fehlt durchaus das Liebliche der Alpentriften. Reicher wird die Ausbeute erst gegen die Schneegrenze hin (4500 *m*), wo die Gräser zurücktreten und ganz seltsamen Pflanzengestalten Platz machen, die denjenigen, der sie zum ersten Male sieht, in Erstaunen setzen. Gespensterartig stehen hier in ihren graufilzigen Mänteln die „frailejones“ (Culcitiumarten) und die barocke Gondapflanze (Lupinus nubigenus); alles ist wollig, alles filzig und gegen die Schneestürme geschützt. Hier bilden die Wernerien und kaum zollgrosse Umbelliferen dichte glatte Polster, wie Moose, die übrigens auch hier nicht fehlen, und endlich zieht sich eine grauweisse Decke von Lichenen gegen die ganz kahlen Gebiete hinauf.

Das tierische Leben ist im Páramo auch spärlich vertreten. Ausser dem halbwilden Viehe bekommt man oft wochenlang keinen grösseren Vierfüssler zu Gesichte Der Páramohirsch, der Berglöwe, der Bär, der Fuchs, der wollhaarige Tapir sind viel zu selten, als dass sie der Gegend Leben verleihen könnten, kleinere Säugetiere aber werden vom Grase stets versteckt. Einige träge Geier, der sonderbare Curiquingua (ein Mittelding zwischen Geier und Falke), der einen unheimlich anstiert, und ein paar kleinere, unscheinbar gefärbte Vögel (Solitarios, Einsiedler) vollenden eher das Bild der Öde, als dass sie es störten. Durch die Abenddämmerung schwirrt der Zumbador oder Bandurria, ein schnepfenartiger Vogel, der im Fluge ein eigentümliches starkes Summen erzeugt, das mit seiner geringen Grösse in keinem Verhältnisse steht. Amphibien giebt es in dieser Höhe nicht mehr, ausser einer kleinen ekelhaften schwarzen Kröte, welche jeden Regen und Hagelschauer mit ihrem melancholischen Geschreie ankündigt und begleitet. Ein paar dunkle Hypparchien und gelbe Coliasfalter nebst einer Unzahl kleiner Eulen und Motten ersetzen hier die farbenprächtige Schmetterlingsfauna des Tieflandes. Ebenso unscheinbar

und traurig sind die anderen Insektenklassen vertreten. — Durch die ganze Natur des Páramo geht ein Zug von Trauer und Melancholie, und dieser Zug verbreitet sich, wenn auch gemildert, mit dem Páramowetter oft über die engen, eingeschlossenen Hochlandsbecken, er teilt sich der Bevölkerung, besonders der einheimischen indianischen mit, und der Charakter des Serrano ist von dem des Costeño oder Tieflandbewohners so verschieden, wie das Klima des Hochlandes von dem der Küste."

Das Kettengebirge von Mittelguatemala wird auf Grund eigener Bereisung von Dr. Karl Sapper geschildert[1]). Das Gebirge erstreckt sich von $88\frac{1}{2}^0$ bis $92\frac{1}{2}^0$ w. L. Gr. zwischen 15^0 und $16\frac{1}{4}^0$ n. Br. Die höchsten Gipfel mögen 4000 *m* erreichen, und auf kleineren Räumen kommen Höhenunterschiede von mehr als 3000 *m* vor, wie solche selbst in den Alpen nicht gewöhnlich sind.

„Die nördlichen Gebiete des Gebirgs bestehen zum grössten Teile aus Kalksteinen, welche stellenweise stark dolomitisch werden, zum kleineren Teile aus Thonschiefern. Wo letztere gebirgsbildend auftreten (z. B. bei Cajabon, Lanquin), finden wir scharfmodellierte, kompliziert gestaltete Bergformen mit zahllosen, tiefeingeschnittenen Wasserläufen, gerade so, wie wir es im gleichen Falle in den Alpen sehen würden. Ganz anders aber verhält es sich mit dem Kalkgebirge. Zwar zeigt dasselbe auch hier manche Eigentümlichkeiten, welche ihm in den europäischen Alpen zukommen, und in mancher Hinsicht erinnert es sogar stark an den Karst: zahlreiche, zum Teile riesengrosse Höhlen (wie die berühmte Höhle von San Agustin Lanquin) durchziehen das Gestein; Erdfälle sind in ausserordentlicher Menge vorhanden, und wo der Kalkstein stark dolomitisch wird (wie bei Coban, Chicacao u s. w.), erscheint das ganze Gebirge in eine unglaubliche Menge scheinbar regellos zerstreuter, kessel- oder trichterförmiger Einsenkungen und steiler, felsiger Kegelberge aufgelöst, welche gleich Parasiten auf den Hängen und Rücken des Gebirges aufsitzen, ohne von wesentlicher Bedeutung für den organischen Bau des Gebirges zu werden, während sie für die landschaftliche Erscheinung jener Gegenden vom grössten Einflusse sind. Unzählige Bäche verschwinden in dem klüftigen Untergrunde, und auch viele bedeutende Flüsse nehmen auf ziemlich ausgedehnten Strecken einen unterirdischen Lauf. Andere Flüsse (Chixoy, Cobanfluss) haben das Gebirge durchbrochen und so tiefeingeschnittene Schluchten erzeugt, welche mit den Klammen der Alpen die grösste Ähnlichkeit besitzen und häufig hohe landschaftliche Reize bieten. Im allmeinen aber zeigt das Kalkgebirge hier eine Oberflächengestaltung, wie sie meines Wissens in keinem Teile der europäischen Kalkalpen angetroffen wird. Mit rasch zunehmender Steilheit der Böschungen ragen die Flanken der einzelnen Ketten aus dem Thale empor; allmählich verringern sich nach oben hin die Neigungswinkel, und endlich erreichen wir den mehr oder minder breiten, gerundeten Kamm der Kette, um auf der anderen Seite in einer ähnlichen Kurve wieder abzusteigen: die Kämme der Ketten streichen oft meilenweit in fast gleichbleibender Höhe weiter, ohne in ihrem Verlaufe bedeutende Gipfel oder Einsenkungen aufzuweisen, und eben diese auffallende Einförmigkeit der Kammlinie, welche weithin nur wenig von einer geraden abweicht oder aber eine Schlangenlinie von sanft gerundeten Windungen darstellt, ist das eigenartigste Element im Landschaftsbilde des Kettengebirges von Mittelguatemala. Der Grund dieser Erscheinung ist ausser dem jugendlichen geologischen Alter des Gebirges, welches für manche Teile sicher gestellt ist, in der dichten Pflanzendecke zu suchen, welche den Wirkungen der Erosion mächtigen Widerstand entgegensetzt. Die Querthäler sind spärlich und wenig ausgebildet;

---

[1]) Ztschr. d. deutsch. u. österr. Alpenvereins 1892. **23.** p. 367 u. ff.

manche Ketten weisen überhaupt keine Querthäler auf; die Längsthäler sind ausschliesslich durch tektonische Vorgänge gebildet worden und werden verhältnismässig selten in ihrer Längsachse von Wasserläufen durchzogen; weit häufiger fliessen die Wasseradern, besonders die kleinen, senkrecht gegen die Längsrichtung des Thales und verschwinden am Fusse der nächsten Bergkette in dem klüftigen Gesteine; auch kommt es vor, dass ein grösserer Fluss (so der Chajmayic) eine Strecke weit der Längsrichtung des Thales folgt, hernach aber in unterirdischem Laufe den angrenzenden Gebirgszug durchbricht. Durch diese eigenartigen hydrographischen Verhältnisse wird die Einheit der Bergketten in vielen Fällen gewahrt, aber auf Kosten der landschaftlichen Schönheit, wie leicht einzusehen ist.“

Über Wüstenbildung verbreitet sich auf Grund eigener Anschauungen Prof. J. Walther[1]). Eine Reihe wichtiger und charakteristischer Wüstenerscheinungen sind in Nordamerika und Afrika überraschend ähnlich. Auf der Fahrt durch die Mohavewüste sah Prof. Walther längs der Bahnlinie eine fast horizontale Ebene, die ganz schwach gegen die Granit- und vulkanischen Gebirge anstieg. „Alle Berge, vulkanische Stromerden, Gangergüsse und Aschenhügel erhoben sich inselgleich aus dem ebenen Wüstenlande. Die horizontale Ebene und die steilen Berggehänge wurden durch keine schuttbedeckte Fusslehne vermittelt, sondern ohne jeden Übergang stiessen Ebene und Bergabhang aneinander. Es macht einen überaus fremdartigen Eindruck, aus einem Schuttmeere steile Berginseln hervortauchen zu sehen, und doch ist diese Erscheinung für fast alle Wüsten, die ich in Afrika, Indien und Nordamerika gesehen habe, charakteristisch.

Gerade so inselgleich steigen die Granitgebirge des Sinai oder des Charib in imponierender Mächtigkeit aus der Schuttebene empor. Nur langsam, kaum merklich, erhebt sich die Ebene bis zum Gebirgsfusse; dann tritt der zackige Granitkoloss wie ein Dolomitberg hervor.

So treten in der Sierra del Diablo die Kohlenkalkplateaus steil aus einer unermesslichen Ebene heraus, und von der Mächtigkeit der in diesen Ebenen aufgehäuften Schuttmassen kann man sich einen Begriff machen, wenn man hört, dass bei Trobert am Fusse der Sierra Van Horn ein Brunnen 1050 Fuss tief im Schuttlande gebohrt wurde. Die Erscheinung wird dadurch besonders auffallend, weil man an der Mündung 1000 Fuss tiefer Thäler kein Schuttdelta bemerkt, sondern auch hier die horizontale Ebene bis zum Steilufer der Berge reichen sieht.

Wenn man jedes Landschaftsbild als das Resultat bestimmter Denudationsvorgänge auffasst, so leitet uns schon die vergleichende Betrachtung einer solchen Wüstenebene mit ihren Felsklippen darauf hin, dass die Denudation hier anders wirkt als in Europa. Aber noch von einem anderen Gesichtspunkte muss diese Horizontalität der Denudationsflächen in der Wüste unser Interesse beanspruchen.

---

[1]) Verhandl. d. Ges. f. Erdkunde in Berlin 1892. **19.** Nr. 1. p. 52 u. ff.

In den geologischen Aufschlüssen, welche uns Durchschnitte durch Teile der Erdrinde beobachten lassen, findet man sehr häufig, dass das Gestein durch horizontale Fugen in übereinandergelagerte Bänke gegliedert wird — man nennt diese Struktur Schichtung. Das, was auf dem Querschnitte einer Schichtentafel als horizontale Schichtenfuge erscheint, ist aber nur der Ausdruck dafür, dass zu einer bestimmten Zeit bei der Bildung jener Gesteinslage die frischgebildete Sedimentoberfläche den Charakter einer weit ausgedehnten, annähernd horizontalen Ebene hatte. Sehen wir uns auf der heutigen Erdoberfläche nach Regionen um, in denen die frisch gebildeten Absätze mit horizontaler Oberfläche aufbereitet werden, so ist in erster Linie der Meeresboden und der Boden grosser Landseen zu nennen. In ihnen bilden sich Ablagerungen mit horizontaler Oberfläche, d. h. mit Schichtung.

Es ist nun von grosser Bedeutung, darauf hinzuweisen, dass ausser dem Meeresgrunde noch eine zweite Art von Regionen der Erdoberfläche existiert, auf der die Denudationsprodukte mit grosser Regelmässigkeit auf weiten horizontalen Flächen aufbereitet werden. Das sind die Wüsten und Steppen. Beide sind also Bildungsräume, welche bei der Diskussion über die Entstehung geschichteter Ablagerungen nicht unberücksichtigt bleiben dürfen. Schichtung entsteht nicht nur unter Wasser.

Bei uns sehen wir lineare Wasserläufe hervortreten, und linear sind die Erosionsprodukte angehäuft, lokal erreichen sie grosse Mächtigkeit, um daneben fast zu verschwinden.

In den Wüstenthälern Afrikas und Nordamerikas sehen wir gewaltige Denudationswirkungen, aber nirgends finden wir lokale Anhäufungen von Denudationsprodukten. Wir sehen ein tiefes Loch im Gebirge und können nicht erkennen, wo das fehlende Gesteinsmaterial hingekommen ist? Wir sehen 1000 Fuss hohe Steinabstürze mit tiefen, höhlenähnlichen Buchten, und doch finden wir nirgends den Schutt, der hier weggearbeitet worden ist. Bemerkenswert ist es aber auch, dass die Mehrzahl der Depressionen in Wüstengebirgen auftreten. Die Landsenkungen am Kaspischen Meere, das Tote Meer, die Ammonsoase, das Fayum, die Schotts, die Coloradodepression, das Death Valley in Kalifornien, alles sind Erscheinungen in Wüstenländern.

Die Thätigkeit der Denudation ist eine doppelte. Sie zerstört die Felsen der Erdoberfläche und transportiert das zerkleinerte Material von seinem Ursprungsgebiete fort.

Bei uns zerstört das Wasser die Gesteine. Es löst sie chemisch, der Spaltenfrost zerkleinert sie mechanisch. Dasselbe Wasser ist die wichtigste Transportkraft in unseren Breiten. In der Wüste regnet es nur selten. Das Wasser hat, hochgegriffen, nur vielleicht 65 Tage im Jahre Zeit, um Felsen zu zerstören und Schutt zu transportieren.

Man hat geglaubt, dass an den übrigen 300 Tagen die Denudation in der Wüste ruht. Und doch lehrt ein sorgfältiges, unbefangenes Studium, dass gerade in diesen 300 trockenen Tagen die Denudation eine ungemein intensive ist. Heiss brennt die Sonne auf die von keiner Pflanzendecke geschützte Felsenoberfläche herab. In Texas sind tägliche Temperaturunterschiede von 40° C. gar nicht selten.

Kleine und grosse Steine werden durch die Hitze gesprengt. Oftmals habe ich die aneinanderpassenden Hälften solcher zersprungenen Kiesel aufgehoben. In Texas sah ich haushohe Granitblöcke durch mächtige Sprünge zerteilt, und v. Stonernwitz erzählte mir, wie er das Zerspringen solcher Blöcke gesehen und gehört habe. Die verschieden gefärbten Mengteile des Granits erwärmen sich verschieden stark und fallen zu grobem Gruse auseinander. In einem Thale der Sierra de los Dolores hatte ein Regenguss die steinige Thalsohle mit 3 Fuss tiefem Granitgruse ausgefüllt, der durch Insolation im Laufe der Jahre an den Granitfelsen entstanden war. Tiefe Höhlen wittern in den Granit hinein, wo irgend das Wasser sich länger hält, und vermehren die Masse des denudierten Materials.

So werden die Felsen durch trockene Wärme zu einer Zeit zerstört, wo die Denudation durch Wasser auf ein Minimum sinkt. Und an den 300 trockenen Tagen des Jahres schreitet der Zerstörungsprozess der Felsen ununterbrochen weiter. An den Regentagen wird natürlich das gelockerte Gesteinsmaterial durch rinnendes Wasser transportiert, und dass ein solcher Wüstenregen, der wolkenbruchartig herniederstürzt, ungeheuere Schuttmassen fortführen kann, bedarf keiner Betonung. Die Frage ist nur, ob an den 300 trockenen Tagen der Transport von Denudationsprodukten in der Wüste ruht? Auch diese Frage müssen wir verneinen.

„Fast täglich sah ich einzelne Staubsäulen langsam über die Ebene ziehen. Sie heben grosse Massen lockeren Materials hoch in die Luft. Dort wird es durch horizontale Luftströmungen erfasst und weitergetragen. Aber ich habe in Colorado auch gesehen, wie innerhalb einer Viertelstunde die Wüstenebene von so dicken Staubwolken verhüllt wurde, dass man kaum 2 *km* weit sehen konnte, während der Blick vorher bis auf viele Stunden alles zu erkennen vermochte.

So sehen wir, dass in der Wüste, auch wenn es nicht regnet, eine Transportkraft vorhanden ist, und dass an den 300 trockenen Tagen weder die Zerstörung der Gesteine, noch der Transport der Zerstörungsprodukte ruht. Wir erkennen auch, dass diese „trockene Denudation“, wie sie ein englischer Rezensent genannt hat, eine intensive Denudationskraft besitzt und sich mit der denudierenden Wirkung des Wassers wohl nicht messen, aber vergleichen lässt. Unendlich schwer aber ist es, einen Massstab zu gewinnen, nach welchem man die Denudation durch Wasser oder Erosion mit der Denudation durch den Wind oder Deflation vergleichen könnte. So-

lange ein solcher Massstab fehlt, muss jedes Urteil über das Wirkungsverhältnis beider auf subjektiven Schätzungen beruhen.

Viele Felsen und Gesteinsflächen der afrikanischen Wüsten sind mit einer eigentümlichen Rinde bedeckt, welche als „braune Schutzrinde" oder „Wüstenlack" bezeichnet werden kann. Dieselbe findet sich weit verbreitet auch in den Wüsten von Nordamerika; und wenn es mir früher nicht gelungen war, mir ein endgiltiges Urteil über die Entstehung derselben zu bilden, so habe ich jetzt in Amerika Beobachtungen gemacht, welche geeignet sind, das Problem seiner Lösung näher zu führen. v. Stenernwitz hatte Anfang September mehrere Exkursionen nach den Teilen der Sierra del Diablo gemacht, welche er mir später zeigen wollte. Er fand die Sandsteine in dem Thale von Mc. Morris überall mit intensiv schwarzbraunen Rinden bedeckt, welche im Sonnenlichte speckig glänzten. Ende September ging in jenen Thälern ein Wolkenbruch nieder, und als wir Anfang Oktober in die Thäler der Diablo hineindrangen, fanden wir zu unserem Erstaunen, dass die Schutzrinden überall abgerissen waren und nur noch an einzelnen Wänden in Fetzen hingen. Selbst da, wo auf einem Felsen in einer Vertiefung Wasser nur gestanden hatte, wo also weniger die mechanische als die chemische Kraft des Wassers wirksam gewesen war, fanden wir den Wüstenlack entfernt. Es geht daraus mit Sicherheit hervor, was ich vorher nur als Vermutung äussern konnte:

1. dass die braune Schutzrinde nicht unter Mitwirkung von Wasser entsteht,
2. dass sie da abgerissen und entfernt wird, wo Regenwasser hingelangt.

Diese letztere Thatsache bringt nun auch eine Erscheinung unserem Verständnisse näher, welche bisher ein vollkommenes Rätsel war.

Man findet nämlich in den afrikanischen Wüsten Sandsteine oder Kalksteine, seltener Granite in der Weise verwittert, dass die Fläche einer Felswand von 10 bis 100 *cm* hohen und 5 bis 50 *cm* breiten Fenstern durchbrochen wird, zwischen denen bis meterhohe Säulen stehen. Hinter diesen Säulen, also im Inneren der Felswand, verläuft ein Gang, welcher bisweilen so gross ist, dass ein Mensch in ihm entlang kriechen kann. Dass bei der Bildung dieser Säulengänge das Regenwasser eine Rolle gespielt habe, war Prof. Schweinfurth und mir zweifellos gewesen, und nur darüber gingen unsere Ansichten auseinander, ob die Säulen einmal von herabrinnenden Regenbächen benetzt worden seien oder die zwischen ihnen befindlichen ausgewitterten Löcher. Nach diesen neueren Beobachtungen ist es zweifellos, dass nur die letzteren durch Wasser gebildet worden sein können.

Professor Sickenberger in Kairo beschäftigt sich seit einem Jahre mit Untersuchungen über die chemischen Vorgänge bei der

Bildung des Wüstenlackes, und es sind wichtige Resultate von ihm zu erwarten, die diese Ansicht bestätigen.

Aus dem bisher Betrachteten geht aber folgendes hervor: Die nordamerikanischen Wüsten stimmen in allen wesentlichen und charakteristischen Punkten mit den ägyptischen Wüsten überein. Zwar sind pflanzengeographische Unterschiede augenfällig, indem die Wüsten Amerikas im Durchschnitte viel vegetationsreicher sind — wahrscheinlich als Folge grösserer Niederschlagsmengen. Im Zusammenhange damit mag es wohl auch stehen, dass die Erosion eine grössere und wichtigere Rolle spielt, als in Ägypten. Aber gemeinsam ist der topographische Charakter: Das Vorherrschen horizontaler Ebenen mit inselgleich daraus hervortretenden Bergen; die Häufigkeit von isolierten Zeugen oder Inselbergen, von Amphitheatern in den Thälern; die intensive Wirkung der Insolation, welche Felsblöcke und Kiesel zersprengt, welche polychrome Granite zu lockerem Gruse zerfallen lässt; das Auftreten von Pilzfelsen und Säulengängen und die weite Verbreitung der braunen Rinde oder des Wüstenlackes, eine Erscheinung, welche als spezifische Wirkung trockenen Klimas und der Regenarmut betrachtet werden muss. Die denudierende Wirkung des Windes äussert sich nicht allein in den Charakteren der obengenannten Oberflächenformen, welche sich von Erosionsformen wesentlich unterscheiden, sondern man kann sie direkt beobachten und gewaltige Staubstürme durch die Wüste brausen sehen.

Wie in Nordafrika finden wir auch in Nordamerika vier Typen von Denudationsprodukten oder Sedimenten: Kieslager, Sanddünen, Lehmregionen und Salzabsätze.

Bei solcher Übereinstimmung der wichtigen und nebensächlichen geologischen Erscheinungen in den geographisch so weit getrennten Wüsten von Nordafrika und Nordamerika, trotz verschiedener Vegetationsverhältnisse, ist es wohl berechtigt, das Phänomen der Wüstenbildung als einen tellurischen Vorgang zu betrachten, der ebenso gesetzmässig verläuft, wie die Glazialerscheinungen der Polarzone oder die kumulative Verwitterung im Tropenlande. Und auf das Gebiet der Erdgeschichte übertragen, wird es unsere Aufgabe, nach den Überresten fossiler Wüsten in den Schichten der Erdrinde ebenso sorgfältig zu suchen, wie man neuerdings fossile Eiszeiten rekonstruiert.

Aber das Studium der Wüsten hat noch eine andere wichtige Folge. Die Wüste ist ein Extrem klimatologischer Bedingungen. Trockene Luft und trockene Hitze, welche in unserem gemässigten Klima nur an wenig Tagen im Jahre auftreten, sind in der Wüste die grösste Zeit des Jahres wirksam. Ihre Wirkung in der Wüste ist eine hervorragende, bei uns aber wirken sie nur in bescheidenem Masse. Allein es wäre einseitig, wollten wir ihre denudierende Wirkung bei uns leugnen. Es giebt so viel Erscheinungen bei uns, welche nur mit Zwang als eine Wirkung des Wassers und Eises erklärt werden können, welche aber leicht verständlich werden, so-

bald wir die bewegte trockene Luft als geologische Kraft anerkennen. Wohl nirgends auf der Erdoberfläche wird man die Spuren der Erosion vermissen, aber eben so weit verbreitet ist die Wirkung der Winddenudation oder Deflation. Es kommt nur darauf an, dass man vorurteilsfrei die Natur beobachtet und nicht dem Wasser Dinge zumutet, welche dasselbe nicht auszuführen vermag.“

Die Beschaffenheit der Kalahariwüste wird auf Grund eigener Beobachtungen von E. Wilkinson geschildert[1]). „Der Name Kalahariwüste“, sagt er, „wird wahrscheinlich bald nur noch auf ein sehr beschränktes Gebiet Anwendung finden dürfen. Bisher pflegten die Karten derselben eine Ausdehnung zu geben nach S bis und selbst über den Oranjefluss hinaus, nach N über den Ngamisee hinaus, während die Ostgrenze unter ca. 25° ö. L. v. Gr. verlegt wurde, und die Westgrenze ganz unbestimmt blieb. Jetzt sind bereits Westgriqualand und Gordonia im S und W von diesem Gebiete abgetrennt worden, desgleichen Britisch-Betschuanenland nördlich von Griqualand, und nach den Ergebnissen von einigen neuen Ausflügen in den Teil der Kalahari, welcher nördlich und westlich von Betschuanenland liegt, wird die Bezeichnung „Wüste“ noch mehr eingeschränkt werden müssen.

Allerdings hat der grösste Teil dieses Gebietes sandigen Boden; mit Ausnahme des Kuruman und Molopo, welche jedoch nur wenige Meilen von ihren Quellen aus zutage treten, kommen keine fliessenden Gewässer vor, und überhaupt ist offenes Wasser überall spärlich. Dagegen können, wenigstens in Britisch-Betschuanenland, an vielen Punkten Dämme erbaut werden, welche zur Tränkung von grossen Viehherden ausreichendes Wasser aufstauen können. Vielfach wird auch noch zur Bewässerung genügend Wasser übrig bleiben. Der Sand selbst ist keineswegs unfruchtbar, sondern mit Gräsern bedeckt, von denen viele als Viehfutter Verwendung finden. Wo der Sand ein mehr rötliches Aussehen hat und eisenhaltig ist, kann er bei genügender Bewässerung und in Jahren mit reichlichen Niederschlägen selbst ohne Bewässerung ausgezeichnete Ernten an Mais und Kafferkorn liefern. Auf der Länge von Vryburg ist der Regenfall im allgemeinen ausreichend, aber weiter nach W scheint er sich zu verringern, und in den mir am besten bekannten Gebieten, besonders in der Gegend der grossen Biegung des Molopo, ist der Regenfall vielfach sogar ungenügend, um die häufigen Pfannen im Kalksteine zu füllen.

Daher kommt es denn auch, dass das Land, obwohl mit Gras und dichtem Holzbestande bedeckt und mehr einem Parke als einer Wüste ähnlich, nur dünn bevölkert ist und noch als Wüste bezeichnet werden darf. Es darf als ziemlich sicher hingestellt werden, dass an den meisten Stellen Brunnen erbohrt werden können. Die auf der Karte benannten Punkte haben in der grösseren Hälfte des

---

[1]) Petermann's Mitt. 1892. 4. p. 73.

Jahres Wasser entweder in offenen Pfannen, wo es sich erklärlicherweise am wenigsten lange hält, oder in schwachen Quellen in Felsen oder in Brunnen oder in Sickerlöchern; aus letzteren saugen die Eingeborenen das Wasser durch Rohr in die Höhe, und zwar an Stellen, welche an der Oberfläche den Eindruck trockenen Sandes hervorrufen. Die Richtungen des Molopo, Kuruman, Maschowing und anderer Flussbette deuten, wenn diese jetzt auch trocken liegen, darauf hin, dass die Wassermassen, welche bei den schweren Regengüssen im Osten niederfallen, ihren Weg nach Westen nehmen. Das Gestein besteht, soweit der Sand eine Untersuchung zuliess, meistens aus äusserst hartem Kalke, eisenhaltigem Schieferthone oder Quarze, welche, vielleicht mit Ausnahme des Kalkes, von den Eingeborenen niemals mit ihren rohen Instrumenten durchbrochen werden können."

Die grosse persische Salzwüste und ihre Umgebung war Gegenstand einer litterarischen Studie von F. Buhse [1]). Der Descht-i-Kewir (d. h. wüste Salzebene) bildet ein geschlossenes Becken, von Bergen eingefasst, mit Sand, Lehm und anderem Detritus gefüllt, reich an Salz, gespeist von zahlreichen Flüsschen und Bächen, welche ihm aus den Gebirgen immer von neuem Salz zuführen. Trägt dies Becken schon hierdurch das Gepräge eines halb ausgetrockneten Sees, so hat man vollends den Eindruck eines solchen, wenn man die grosse Ebene in ihrer ganzen Ausdehnung vor sich sieht. Nach den Karten, die freilich in orographischer und hydrographischer Beziehung auf Genauigkeit nicht viel Anspruch erheben dürften, ist der eigentliche Descht-i-Kewir, soweit er nämlich eine von Bergen nicht unterbrochene Fläche bildet, etwa 55000 *qkm* gross. Die nördlichen und östlichen Randberge waren längst einigermassen bekannt; die Höhenzüge aber, die ihn nach Westen von der Kum-Kaschaner Wüste scheiden, hat der englische Leutnant Vaughan im Jahre 1887 zum ersten Male bereist. [2]) Noch ganz unbekannt ist der Südrand bis auf eine kurze Strecke bei Dschendak.

Die Depressionsgebiete dieses Wüstenlandes, welche die Perser Deria-i-nemek (Salzseen) nennen, sind im eigentlichen Sinne Salzmulden, in denen die sie ausfüllende Sole mit einer Kruste kristallinischen Salzes überzogen ist. Der weitaus grössere Teil des Kewir besteht aus Salzmoor von lehmiger Beschaffenheit mit einer teils glatten, teils scholligen Oberfläche.

In der Nähe der Randberge allein vermögen Organismen zu existieren. Die flachen Betten der von den Bergen kommenden Giessbäche, welche nur einen kurzen Lauf haben und schon zeitig

---

[1]) Deutsche Rundschau für Geographie 15. 2. Heft.

[2]) In den Proceedings of the Royal geographical Society (London) XII. 10. Oktober 1890 erschien ein Referat des Sir Frederic Goldsmit über Vaughan's Reise vom Persischen Golfe über Jesd und Semnan nach Bedschistan.

im Frühjahre wasserleer werden, sind oft von den im März und April reich blühenden Tamariskenbüschen eingefasst.

Tiere zeigen sich nur vereinzelt als Irrgäste, z. B. Eidechsen und Schmetterlinge.

Die Höhenzüge im Umkreise des Kewir sind, wie die meisten Berge Persiens, von rötlicher Farbe, felsig und nackt, von sehr zerklüfteten Formen und in spitze Gipfel auslaufend. Man geht vielleicht nicht sehr fehl, wenn man ihre mittlere Höhe auf 100 *m*, die hervorragenderen Gipfel auf 500 bis 600 *m* über der Ebene schätzt.

Die gesamten Naturverhältnisse bieten viel Übereinstimmendes mit denjenigen Turans, namentlich was das Überwiegen der jüngeren geologischen Formationen, die Verwitterbarkeit der Gesteine und insbesondere die Wüstenbildung betrifft. Da auch die klimatischen Bedingungen ähnliche sind: starke Insolation, grosse Temperaturdifferenzen zwischen Tag und Nacht, Regenmangel im grösseren Teile des Jahres, heftige, aber rasch vorübergehende Niederschläge in der feuchten Jahreszeit, oft eintretende intensive Luftströmungen, so ist die Gleichartigkeit der physikalisch-geographischen Erscheinungen selbstverständlich.

Nach Blandford[1]) sind die mächtigen Ablagerungen von Thon und Sand, welche jetzt die Wüstenebene bedecken, lacustre Bildungen der Quartärperiode, und er nimmt an, dass zu jener Zeit Flüsse die Erosion der Gebirge bewirkt und jene Massen in das Seebecken geschleppt haben. Der Zufluss aus den heutigen Flüssen genügt bei weitem nicht, um grössere Flächen unter Wasser zu erhalten, zumal bei der starken Verdunstung in dem Wüstenklima. Daher sind nur die niedrigsten Stellen des Kewir stets mit Sole bedeckt, im übrigen stellt derselbe ein gewaltiges Moor dar. Die Salzkrusten sind im Frühjahre meist rein weiss und glänzend, indem sich aus der Sole, die im Winter die Salzmulde bedeckt hat, frisches Salz auskristallisiert.“

Die Cañon-Schicht des Colorado ist von Prof. Johann Walther besucht worden und wird von ihm als interessantes Beispiel der kombinierten Wirkung von Erosion und Deflation geschildert[2]).

„Am besten kann man das Verhältnis des Coloradobettes zum Cañon erkennen, wenn man längs des oberen Randes nach Osten wandert, endlich den Punkt erreicht, an welchem der spanische Feldherr Coronado 1592 zum ersten Male das Colorado Cañon sah und beschrieb. Spanisch Point liegt an der Spitze einer jener bewaldeten Landzungen, welche so weit gegen die Mitte der Schlucht vortreten, dass man den Fluss auf eine beträchtliche Strecke in seiner Mittellinie überschauen kann.

Es ist schon von Dullon hervorgehoben worden, und der Blick von Spanisch Point lässt es leicht erkennen, dass die Cañon-Schlucht in zwei Teile zerfällt. In der Tiefe sieht man den Fluss in einer engen Gneisschlucht dahinströmen, und dumpf tönt das Brausen des gewaltigen Flusses

---

[1]) In „Eastern Persia“. II (1876) p. 469.

[2]) Verhandl. d. Gesellsch. f. Erdkunde zu Berlin 1892. p. 62.

ins Ohr, der seine braunroten Fluten über Stromschnellen und Klippen wälzt. Das Bett ist manchmal so eng, dass die Felsen senkrecht 1000 *m* hoch aus dem Wasser aufsteigen, und nur indem wir uns nach Norden wenden, wo der Little-Colorado aus einem steilen Felsenthore hervorbricht, sehen wir das Flussbett verbreitert und sogar von grünen Streifen niedrigen Gebüsches gesäumt.

Dass diese vom Colorado durchströmte, meist schluchtartig enge Klamm meist Wirkung der Erosion ist, dass sie durch den Fluss eingeschnitten wurde und sich noch heute weiter vertieft — darüber kann kein Zweifel herrschen. Aber indem wir unseren Blick auf den Rand der inneren Erosionsrinne richten, sehen wir auf einmal ein anderes Landschaftsbild. Die von Silur und Devon gebildeten Schichten stellen eine mehrere Kilometer breite Stufe dar, die von Dullon als die „Esplanade“ bezeichnet wurde. Die Schichtenköpfe treten als zarte Isohypsenlinien deutlich hervor, und mit sehr geringer Steigung verbreitert sich das Thal, bis dann abermals 1000 *m* hohe Abstürze folgen

Aber die Verbreiterung oberhalb der Esplanade ist nicht gleichmässig; denn die Landzunge von Spanisch Point bildet eine Steilwand, die nur wenige Kilometer vom Flusse entfernt ist, während daneben tiefe halbkreisförmige Thalkessel 5 bis 8 *km* weit in die Hochebene eindringen und dadurch den Rand der Cañonschlucht von der Erosionsrinne des Flusses wohl bis zu 10 *km* entfernen.

Würden wir aus der Vogelperspektive auf das ganze Thalsystem herabschauen, so sähen wir in der Mitte eine gleichmässige, steil eingeschnittene Thalrinne, die sich nach oben mit einem Male stark verbreitert und mit halbkreisförmigen tiefen Buchten besetzt erscheint.

Blicken wir von Spanisch Point nach Westen, so sehen wir in ein solches Amphitheater hinein. Mit 800 *m* hohen Steilwänden tritt es aus der Esplanade heraus, nirgends könnte der kühne Fuss eines Bergsteigers heraufklettern, und mit dumpfem Gepolter stürzen die Blöcke, die unser Fuss am Abgrunde löst, in die gewaltige Tiefe. Der obere Rand ist so scharf, wie mit dem Messer geschnitten; nirgends sahen wir ein Bachgerinne herabrieseln, ja die Plateaufläche senkt sich vom Rande ab so entschieden nach dem Lande zu, dass selbst bei starken Regengüssen kein Sturzbach über den Rand stürzen könnte. Das ganze Gebiet wird nach dem Lande zu, von der Schlucht weg, entwässert.

Wie ein Rätsel erscheinen uns jetzt diese Amphitheater, um so rätselhafter, wenn wir von Major Powell, dem berühmten Erforscher des Cañon, hören, wie selten es hier regnet. Major Powell hatte es nicht für nötig gehalten, Zelte für uns mitzunehmen, und als wir in einer bösen Gewitternacht zitternd um das qualmende Feuer lagen, ungeschützt gegen den Hagel und strömenden Regen, da hat wohl mancher von uns den Eindruck gewonnen, dass wir uns in einer niederschlagreichen Gegend befänden. Und doch war jenes Gewitter eine unvorhergesehene Ausnahme. Aber selbst wenn es hier häufiger regnete, als es wirklich der Fall ist, so würde wegen der topographischen Abflussverhältnisse nur das Wasser erodierend in den Amphitheaterthälern wirken können, welches auf die Fläche derselben fällt. Solche Sturzregen können also wohl, wie es uns Major Powell anschaulich schilderte, allen den Schutt in die Tiefe schwemmen, der sich im Laufe der regenlosen Zeit gelockert hat, aber die denundierende Wirkung des Wassers kann hier nur sekundär sein.

Aber wo ist die Kraft, welche solche Amphitheater ausgrub, wo ist die Ursache so seltsamer Denundationsformen? Wiederum stehen wir vor der Frage, ob in diesen Thalkesseln während der vielleicht 300 regenlosen Tage die Denudation ruht?

Und wenn wir unbefangen beobachten, was für Kräfte an den 300 regenlosen Tagen wirken, so sehen wir trockene Luft und trockene Wärme ihren zerstörenden Einfluss auf die Felsen ausüben. Der für solche Vor-

gänge geschulte Blick erkennt, dass die Wärme des Tages, abwechselnd mit nächtlicher Kälte dieselbe Wirkung zu üben vermag, wie der Spaltenfrost in unseren Breiten. Temperaturunterschiede von 30° C. haben wir im Cañon selbst erlebt. So dringen Insolation und Verwitterung in den Felsen hinein, lockern das Gestein, und der Wind entführt das leichte Verwitterungspulver. Die härteren Gesteinsbänke werden ohne Hilfe erodierenden Wassers untergraben, hängen über und warten des ersten Gewittergusses. Jetzt kommt einer jener seltenen Wolkenbrüche. Das Wasser findet überall lockeren Schutt und wackelige Felsblöcke. Infolge dessen kann die relativ geringe Menge des Wassers eine viel grössere Masse von Schutt lösen und in die Tiefe reissen, den dann der Colorado hinaus in den Golf von Kalifornien transportiert.

So sehen wir am Cañon des Colorado ein interessantes Beispiel der kombinierten Wirkung von Erosion und Deflation. Wir erkennen in der inneren Schlucht eine reine Erosionsrinne, wir beobachten, dass die oberen Amphitheater nur der durch Deflation unterstützten Erosion ihre Existenz verdanken."

Die transkaspische Niederung zwischen 55° und 67° ö. L. und 36° und 40° n. Br. ist 1886—1888 von W. N. Obrutschew durchforscht worden, der nunmehr Mitteilungen über die Ergebnisse seiner Untersuchungen macht [1]. Das Ust-Urt-Plateau und die östliche Hälfte der transkaspischen Niederung muss zu Ende des oberen Pliocäns trocken gelegt sein. Nach der Trockenlegung wurde die östliche Hälfte allmählich Wüste. Bei einem ehemaligen 140 *m* über dem heutigen Spiegel des Kaspisees vorhandenen Wasserstande fand eine Vereinigung dieses Sees mit dem Aralsee statt, zwischen Ust-Urt und Ungus.

Während des Rückzuges des Wassers aus diesem Gebiete bildeten sich auf dem Boden des Beckens die aralokaspischen Ablagerungen, am Ufer aber entstanden Dünen, die dann im Laufe der Zeit auch zur sandigen Wüste umgewandelt wurden. Die verschiedenartige Entstehung der turkmenischen Wüste, deren Bezeichnung Kara-kum, d. i. schwarzer Sand, nicht durch die Farbe des Wüstensandes bedingt ist, prägt sich noch jetzt in ihrer Oberflächenbeschaffenheit aus. Es sind hier zu unterscheiden: 1. Barchansande, 2. Hügelsande, 3. sandige Steppe, 4. Rückensande, 5. Dünensande; ihrer Entstehung nach zerfallen sie in drei Kategorien: Meeres-, Flussund Festlandssande.

Festlands- und Flusssande lagern sich bei ihrer Entstehung zuerst in Barchanen ab, gehen dann in Hügelsande über und kommen schliesslich zur Ruhe in der Form der sandigen Steppe. Diese drei Formen finden sich in der östlichen Hälfte der transkaspischen Niederung. Die Meeressande dagegen treten zunächst in Dünen auf; durch den Einfluss der Atmosphärilien, des Windes, Regens und der Tierwelt gehen die Dünen über in die Sandrücken, die die Oberfläche des westlichen Teiles des Gebietes bilden: das Stadium der sandigen Steppe ist hier nirgends erreicht worden.

---

[1]) Sapiski der Kais. Russ Geogr. Gesellschaft 1891.

Die 15 bis 25 Fuss hohen Barchane haben die typische Gestalt eines Pferdehufknochens, mit einer der herrschenden Windrichtung zugewendeten flachen (6—17°) und einer steilen (30—40°) Unterwindseite.

Die Form der „Hügel" ist sehr unregelmässig, aber auf allen Seiten haben sie sehr flache Böschungen; sie sind einige wenige bis etwa 30 Fuss hoch.

Die sandige Steppe zeigt sich als Ebene mit sandigem Boden und mit einigen flachen Hügeln und Vertiefungen.

Die Rückensande treten in langen, 50 bis 70 Fuss hohen und 200 bis 300 Fuss voneinander entfernten Rücken von bestimmter Richtung in je einem Gebiete auf; sie werden oft von einem zweiten Systeme niedrigerer Rücken unter einem Winkel durchschnitten.

Dünen finden sich jetzt in dem durchforschten Gebiete nur am östlichen Ufer des Kaspi auf der Halbinsel Dardsha bei Michailowsk [1]).

Das Wandern der Dünen auf der Kurischen Nehrung schildert Uhl [2]). Durch diese wandernden Dünen „ist nicht nur der Wald zerstört worden, der früher die Nehrung bedeckte; in den letzten beiden Jahrhunderten sind nicht weniger als sechs blühende Dörfer durch Sandwehen derartig verschüttet, dass, wie bei Karwaiten, über der alten Dorfstätte sich jetzt eine 60 *m* hohe Düne türmt, oder, wie bei Kunzen, dass das frühere Dorf wieder auf der Seeseite zum Vorscheine kommt, nachdem die Düne über dasselbe hinweggewandert ist. Noch interessanter liegen die Verhältnisse bei Alt- und Neu-Pillkoppen, das, nachdem es an einer Stelle verschüttet war, an einer zweiten neu aufgebaut wurde, und nachdem auch diese von den Sandwellen begraben, auf der ersten inzwischen wieder frei gewehten Strecke zum dritten Male errichtet ist. Die alten noch bestehenden Karten (die Schröter'sche vom Anfange dieses Jahrhunderts und die vom Ministerium 1840 publizierte Küstenkarte) haben nach heutigen Ansprüchen allerdings nicht das Mass von Genauigkeit, welches für wissenschaftliche Zwecke gefordert wird, trotzdem geben sie im Vergleiche mit den letzten Aufnahmen des Generalstabes einen Anhalt über das Wandern der Dünen. Es haben aber seit ca. 40 Jahren auf zahlreichen Stationen der Nehrung Messungen stattgefunden, welche mit den Ermittelungen durch das vorhandene Kartenmaterial ziemlich übereinstimmen. Um das Wandern der Dünen recht zu verstehen, verdient erwähnt zu werden, dass die Nehrung in ihrem Diluvium fest steht, wie jedes andere Land, der auf ihm lagernde Sand, der aus der See hier angeworfen ist, hat aber da, wo er den Wasserspiegel überragt, sich zu Dünen angehäuft und wandert allmählich, da das einzelne Sandkorn so fein ist, dass es vom Winde bewegt wird, über die Nehrung ins Haff zu, dasselbe zum Teile ausfüllend. Es resultiert daraus eine stete

---

1) Kalkowsky im Neuen Jahrbuche für Mineralogie 1892. **2.** p. 277.

2) Aus allen Weltteilen 1892. p. 198.

Verbreiterung der Nehrung nach Osten. Dieses Wechseln der Nehrungsbreite ist den Bewohnern auch vollkommen bekannt, sie erklären jeden Haken, d. h. jeden Vorsprung ins Haff, für einen schon ins Haff gewehten Berg. Die Messungen haben nun ergeben, dass die Wanderung durchschnittlich 6 *m* im Jahre beträgt. Lokale Verhältnisse bedingen ein Mehr oder Weniger. Ein schnelleres Vorrücken ist meist bedingt durch Winddurchrisse oder ursprüngliche Unterbrechungen des Dünenkammes, welche Umstände die Kraft des Windes steigern. Nach dem genannten Masse wurde der Zeitraum berechnet, in welchem das bereits erwähnte Pillkoppen zum dritten Male begraben werden würde, und es wäre die Katastrophe zum berechneten Termine eingetreten, hätte nicht die Regierung sich entschlossen, mit bedeutenden Opfern den Wanderberg festzulegen, bevor es zu spät war. Das ermittelte Mass von 6 *m* ist das arithmetische Mittel von 40 Beobachtungsjahren. Es variiert, wenn schon nicht bedeutend, in den verschiedenen Jahren je nach dem Masse der Niederschläge und des vorherrschenden Windes. Es würde bedeutender sein, wenn nicht der vorherrschende Westwind gleichzeitig oft Regen brächte, der das Verwehen beeinträchtigt, und wenn nicht der zeitweise eintretende Ostwind den Sand zum Teile wieder nach der See zurückführte. Durch die stattgehabten Messungen ist aber auch die Richtung des Wanderns der Dünen festgestellt, und zwar ist dieselbe eine fast rein östliche. Behrendt prognostiziert allen Nehrungsdörfern denselben Untergang des Begrabenwerdens, wie den verschollenen Negeln, Kunzen, Stangenrode, Neu-Lettenwalde, Lettenwalde u. s. w., und jeder, der dem Wanderprozesse der Dünen an Ort und Stelle längere Zeit beobachtend gegenüber gestanden hat, wird ihm recht geben. Dass das Absterben bei Schwarzort, Nidden und Rossitten später erfolgt, als bei den anderen Dörfern, ist darin begründet, dass zunächst noch der sie schützende Wald, auf dessen Erhaltung die Gemeinden alle Sorgfalt verwenden, wohl wissend, dass seine Lebensdauer auch die ihrige bedingt, ganz verschüttet werden muss, welcher natürlich das Verwehen verlangsamt. Seine Schlüsse beziehen sich aber weiter auf das ganze Haff und seine Umgebungen. Er giebt eine Massenberechnung des auf der Nehrung lagernden Dünensandes — wobei die tägliche Zufuhr aus der See nicht mitgerechnet ist — und berechnet aus den bekannten Tiefen des Haffes den Bedarf an Sand zum Zuschütten desselben bis zum Niveau des mittleren Wasserstandes. Die Rechnung ergiebt, dass in wenig über 200 Jahren der ganze nördliche Teil des Haffes von der Wiedenburger Ecke bis Memel festes Land ist. Ob die gewaltigen Wasser der Memel dann noch ihren Weg ins Meer durch das heutige Tief nehmen werden oder sich, was wahrscheinlicher, andere, vielleicht die früher bestandenen Abzüge wieder bahnen werden, sind Doktorfragen, die dahingestellt bleiben mögen."

3. Boden- und Erdtemperatur.

Temperaturmessungen in der Tiefe. In der geologischen Sektion der American Association for the Advancement of Science, welche zu Washington tagte, gab William Hallock einen vorläufigen Bericht über die Temperaturmessungen, welche in dem 4500 Fuss tiefen Brunnen zu Wheeling, W.-Va., ausgeführt worden sind. Vor den Bohrlöchern zu Sperenberg und Schladebach hat das amerikanische den grossen Vorzug, dass es trocken ist, und somit die durch das Wasser veranlassten Störungen keine besonderen experimentellen Schwierigkeiten für die Messung der Temperatur der einzelnen Schichten darbieten. Nur bis zur Tiefe von 1570 Fuss ist der Brunnen ausgekleidet. Über die Ergebnisse der Messungen entnehmen wir der „Nature“ folgende Daten. Die Temperatur betrug in 1350 Fuss 68.75° F. (20.4° C.) und stieg bis auf 110.15° F. (43.4° C.) in 4462 Fuss Tiefe; sie zeigte in der oberen Hälfte des nicht eingefassten Teiles eine langsame Zunahme mit der Tiefe, 1° F. auf 80—90 Fuss, während sie im unteren Teile ein schnelleres Wachsen erkennen liess, 1° F. auf 60 Fuss. Hallock vermutet jedoch, dass die schnellere Temperaturzunahme in der Nähe des Grundes nur eine temporäre war. Eine Vergleichung der drei tiefsten Bohrlöcher, aus denen Temperaturmessungen vorliegen, ergiebt folgende Temperaturgefälle:

	Fuss für 1° F.	Gesamttiefe	Temperatur oben	Temperatur am Boden
Sperenberg . .	59.2	4170	47.8° F.	118 6° F.
Wheeling . .	74.9	4500	51.3° „	110.3° „
Schladebach .	65.0	5740	51.9° „	135.5° „

Hallock giebt der Hoffnung Ausdruck, dass das Bohren, wenn es auch momentan eingestellt ist, doch noch bis zur Tiefe von 5500 oder 6000 Fuss fortgesetzt werden wird[1]).

Die Erdtemperatur im Bohrloche zu Sulz a. Neckar ist von P. Braun und K. Waitz untersucht worden[2]). Dieses Bohrloch (8° 36′ östl. L. v. Gr., 48° 22′ nördl. Br., 439 *m* Meereshöhe) hat von 1888—90 eine Tiefe von 906 *m* erreicht, wovon 575 *m* verrohrt waren. Das Wasser stand bis 120 *m* unter Tag, und die Messungen geschahen nur in dem 75 *mm* weiten unverrohrten Teile. Die mittlere Jahrestemperatur von Sulz ist im 50-jährigen Durchschnitte + 8.05° C., und man kann diese Temperatur als diejenige der Schichten in 20 *m* Tiefe annehmen. Durch Messung wurde gefunden in 593 *m* Tiefe 31.76°, in 710 *m* Tiefe 36.66° C. Aus diesen drei Angaben folgt eine geothermische Tiefenstufe von 25 *m* pro 1° C.

Der Einfluss der Meereshöhe auf die Bodentemperatur ist noch wenig untersucht worden. Prof. Ebermayer giebt nun auf

---

1) Naturwissenschaftliche Rundschau 1892. p. 28.

2) Jahreshefte d. Ver. f. vaterländ. Naturkunde in Württemberg 1892. 1—12.

Grund des Materials, welches die zehn forstlich-meteorologischen Stationen in Bayern in Höhenlagen zwischen 136 und 1136 *m* durch meistenteils 10—12-jährige regelmässige Beobachtungen geliefert haben, folgende Hauptergebnisse: „1. Mit steigender Meereshöhe nimmt die Temperatur des Bodens sowohl im Jahresmittel als in den einzelnen Monaten und Jahreszeiten ab. 2. Die grösste Abnahme machte sich in Höhenlagen zwischen 500 und 800 *m* geltend. 3. Im Frühjahre und Sommer hat die Meereshöhe auf die Abschwächung der Bodentemperatur einen viel grösseren Einfluss als im Winter. 4. Eine besonders beachtenswerte Einwirkung auf die Bodenwärme hat die bayerische Hochebene. Im Jahresmittel und während des Winterhalbjahres ist die Bodentemperatur derselben normal und entspricht ihrer Höhenlage. Im Sommerhalbjahre, insbesondere vom Mai bis August, macht sich aber die mit der vertikalen Erhebung allgemein zunehmende Intensität der Sonnenstrahlung auf der Hochebene weit stärker geltend, als auf Bergkuppen von gleicher Höhe, wie z. B. im Rohrbrunnen im Spessart. Infolge dessen ist für die Hochebene eine relativ starke Bodenerwärmung während des Sommerhalbjahres sehr charakteristisch. 5. Im Winterhalbjahre ist die Bodenkrume (bis zu 90 *cm* Tiefe) in allen Höhenlagen um 2 bis 2½° wärmer als die äussere Luft; im Sommer findet sich nur in den oberen Bodenschichten bis zu 30 oder 40 *cm* Tiefe ein Wärmeüberschuss von 1 bis 1½°, während die unteren Schichten innerhalb der Wurzelregion (von 60 bis 90 *cm*) um 1 bis 1½° kälter sind als die Luft. Die tiefer gelegenen Orte mit hoher Bodentemperatur sind auch in dieser Beziehung den kälteren Gebirgsböden gegenüber etwas bevorzugt. 6. Die jährlichen Temperaturschwankungen im Boden vermindern sich mit zunehmender Meereshöhe. 7. Jede Verminderung der Bodenwärme hat eine geringere chemische Thätigkeit und eine Abnahme seiner Produktionsfähigkeit zur Folge.“

Der Einfluss lebender und toter Bodenbedeckung auf die Bodentemperatur wurde ebenfalls von E. Ebermayer untersucht.[1]) „Gruben von entsprechenden Dimensionen, gefüllt mit humusreicher Gartenerde, wurden je mit jungen Buchen und Fichtenpflanzen besetzt, mit Gras besämt und mit totem Moose belegt, während die fünfte Grube ohne Bedeckung blieb.

Die Temperatur des Bodens wurde fünf Jahre hintereinander mit täglich zweimaliger Ablesung in vier Abständen bis 90 *cm* Tiefe beobachtet.

Der Einfluss der Bodendecke auf die Jahreswärme äussert sich vorzugsweise nur in den oberen Bodenschichten bis auf etwa 50 *cm* Tiefe; in 90 *cm* Tiefe verschwindet der Unterschied der Temperatur im bedeckten und unbedeckten Boden vollständig, wogegen nach

[1]) Wollny's Forschungen a. d. Geb. der Agrikulturchemie **14**. p. 379. Ausführliches Referat von Breitenlohner in der Meteorol. Zeitschrift 1892. p. (85), welches oben im Texte wiedergegeben.

früheren Beobachtungen Ebermayer's der eigentliche Waldboden in 120 *cm* Tiefe noch um etwa 1.5° kälter befunden wurde, als eine unbewaldete Fläche. Es ist sonach für die Ermittelung der Temperatur eines Bodens von über ein Meter Tiefe gleichgiltig, ob derselbe kahl oder irgendwie bepflanzt ist. Nur der Wald selbst oder grössere Baumgruppen machen eine Ausnahme.

Die Bodendecken wirken je nach ihrer Natur nicht gleichmässig. Das Jahresmittel der Temperatur bis 60 *cm* Tiefe ist unter Moos und Rasen höher, unter Buchen und Fichten niedriger als im kahlen Boden. Am wärmsten zeigte sich der Boden unter Moos. Die Vergleichung der mittleren Temperatur des Bodens bis 60 *cm* Tiefe mit der Lufttemperatur ergab, dass sämtliche Böden wärmer waren als die Luft.

Der Wechsel von warmen und kalten Jahrgängen hat auf die Temperatur der Luft grösseren Einfluss als auf die Bodenwärme, wobei die Bedeckungsweise eine beachtenswerte Rolle spielt. Der Unterschied zwischen Boden- und Lufttemperatur ist in kalten Jahren grösser, weil im humusreichen Boden, womit experimentiert wurde, Wärme gleichsam aufgespeichert wird. Diese erwärmende Eigenschaft des Humus macht sich jedoch infolge der schlechten Leitungsfähigkeit desselben nur in den unteren Bodenschichten geltend, wogegen in der Oberfläche Wärmeausstrahlung und Wärmekapazität einen entgegengesetzten Effekt ausüben. Je nach der Jahreszeit wirken die Bodendecken in sehr verschiedener Weise auf die Bodentemperatur ein, aber nur bis 60 *cm* Tiefe. Lebende Pflanzendecken erschweren im Frühjahre und Sommer wegen starker Beschattung die Erwärmung des Bodens. Wintergrüne Koniferen schützen dagegen im Winter gleich wie eine Moosdecke vor Wärmeverlust. Überhaupt bewahrt eine Moosdecke, sowie anderes totes vegetabilisches Material, allezeit die vom Boden aufgenommene Wärme am besten. Vom Juni bis März, also durch neun Monate, ist in allen Bodenarten der Wurzelraum wärmer als die äussere Luft. Gleichwohl finden jahrgangs- und witterungsweise auch Variationen statt. Die Bodendecken wirken abschwächend auf die Temperaturextreme und Wärmeschwankungen im Boden. Die Jahresamplituden erreichen in der äusseren Luft viel höhere Werte als innerhalb der Bodenoberfläche."

4. Erdmagnetismus.

Magnetische Beobachtungen im deutschen Küstengebiete 1891 gehörten zu den Hauptaufgaben der Deutschen Seewarte in Hamburg. Dr. Neumayer teilt folgende Ergebnisse für 1891 mit[1]):

Hamburg: Deklination für 1891.46 im Mittel 12° 3.71′ W.

---

[1]) Ann. d. Hydrographie 1892. p. 153.

Inklination für 1891.55: 67° 48.85′; Horizontalintensität: Mittel für 1891.52: 0.179 45 C. G. S.

Lübeck: Deklination 1891.5 Mittel 12° 2.66′, Inklination 1891.5 67° 58.8′, Horizontalintensität: 0.178 62 C. G. S.

Rostock: Deklination 1891.5: 11° 14.05′ W.

Barth: Deklination 1891.5: 11° 0.30′ W.

Wustrow: Deklination 1891.5: 11° 4.19′ W.

Flensburg: Deklination 1891.6: 12° 31.20′ W.

Wilhelmshaven: Deklination 1891.52: 13° 16.15′ W, Inklination 1891.52: 67° 57.65′, Horizontalintensität: 1891.53: 0.179 29 C. G. S.

Magnetische Beobachtungen an der Küste der Adria sind 1889 und 1890 auf Anordnung des k. k. Reichskriegsministeriums ausgeführt worden[1]). Nachstehend folgen die abgeleiteten Werte für 1890.0.

Ort	Breite N.	Länge O. v. Gr.	1890 Deklination West	Inklination Nord	Hor.-Intens. C. G. S.
Triest . . .	45° 39′	13° 46′	10° 27.6′	61° 22.4′	0.21621
Pirano . . .	45 32	13 34	10 31.2	61 18.8	0.21653
Venedig . . .	45 25	12 23	10 59.8	61 24.6	0.21622
Fiume . . .	45 20	14 26	10 7.7	61 3.1	0.21792
Pisino	45 15	13 57	10 29.2	61 5.8	0.21754
Parenzo . . .	45 14	13 36	10 31.9	61 7.4	0.21766
Malinska . . .	45 8	14 32	10 9.2	60 55.5	0.21879
Rovigno . . .	45 5	13 38	10 26.3	60 58.6	0.21822
Rabaz	45 5	14 10	10 16.4	61 0.0	0.21855
Dignano . . .	44 58	13 52	10 15.9	60 52.1	0.21921
Pola	44 52	13 51	10 16.6	60 43.0	0.21923
Medolino . .	44 49	13 56	10 16.1	60 44.7	0.21938
Lussin Piccolo.	44 32	14 28	9 56.7	60 42.9	0.22013
Ravenna . . .	44 24	12 13	11 1.4	60 32.5	0.22033
Zara . . .	44 7	15 14	10 0.8	60 8.3	0.22258
Sebenico . . .	43 44	15 53	9 47.3	59 46.5	0.22528
Ancona . . .	43 37	13 31	10 17.6	59 39.9	0.22551
Spalato . . .	43 30	16 27	9 31.9	59 28.5	0.22662
Makarska . .	43 18	17 2	9 16.1	59 4.8	0.22895
Lesina . . .	43 10	16 26	9 19.8	58 56.6	0.23034
Lissa	43 4	16 11	9 3.1	58 40.6	0.23128
Fortopus . .	43 1	17 34	9 2.8	58 43.4	0.23053
Trappano . .	43 1	17 17	9 3.2	58 47.3	0.23009
Curzola . . .	42 58	17 8	8 59.9	58 45.5	0.23107
Stagno Grande	42 50	17 42	9 2.6	58 35.6	0.23175
Lagosta . . .	42 46	16 54	8 53.7	58 27.6	0.23241
Meleda (Sobra)	42 44	17 36	8 53.8	58 28.2	0.23257
Gravosa . . .	42 40	18 5	8 43.8	58 19.2	0.23291
Pescara . . .	42 27	14 13	10 5.0	58 36.5	0.23080
Castelnuovo .	42 27	18 33	8 33.1	57 59.9	0.23450

[1]) Beilage zu den Mitt. aus dem Gebiete des Seewesens. Referat in den Ann. d. Hydrographie 1892. p. 162 u. ff.

Ort	Breite N.	Länge O. v. Gr.	1890 Deklination West	Inklination Nord	Hor.-Intens. C. G. S.
Teodo	42 26	18 42	8 29.3	57 57.5	0.23450
Antivari . . .	42 5	19 7	8 19.1	57 35.7	0.23613
Rom	41 54	12 26	10 52.3	58 9.9	0.23245
Manfredonia .	41 38	15 55	9 26.0	57 28.0	0.23662
Durazzo . . .	41 19	19 27	8 9.9	56 44.2	0.24051
Molfetta . . .	41 12	16 37	9 9.7	56 48.8	0.23900
Brindisi . . .	40 38	17 57	8 37.4	56 7.1	0.24291
Valona . . .	40 29	19 30	8 8.5	55 45.8	0.24431
Corfu	39 37	19 56	8 0.1	54 50.8	0.24894

Die sämtlichen Werte der erdmagnetischen Elemente sind in eine Karte eingetragen und danach die isomagnetischen Linien gezogen. Daraus ist zu ersehen, dass zwei magnetische Störungsgebiete (wie sie auch schon bei Kreil und Schellander angedeutet, jetzt jedoch durch ein dichtes Beobachtungsnetz sicher erwiesen sind) vorliegen. Das eine unbedeutendere, liegt zwischen Fiume und Grossa, das zweite intensivere, breitet sich von Spalato bis Stagno Grande und seewärts über Lesina, Lissa, Lagosta aus. Die Isogone für 10° hat fast dieselbe Lage, wie sie von Prof. Dr. Neumayer in der Karte „Linien gleicher magnetischer Deklination für 1890“ festgelegt ist. Dagegen müsste nach diesen neuesten Vermessungen die Isogone für 9° bei Dr. Neumayer um ein weniges östlicher verlaufen.

Eine erdmagnetische Aufnahme Japans ist von G. Knott und Dr. Tanakadata ausgeführt worden[1]). Es wurden im ganzen an 81 Punkten Beobachtungen angestellt und von diesen Stationen schliesslich 50 ausgewählt, um als Grundlage zu einer eigenartigen Darstellung der magnetischen Verhältnisse von ganz Japan zu dienen. Die genannten Beobachter haben nämlich auf Grund der von ihnen ausgeführten Messungen allgemeine Formeln berechnet, welche gestatten, für jeden Ort Japans, dessen Länge λ und Breite φ gegeben ist, die magnetischen Elemente abzuleiten. Als Ausgangspunkt für die Länge und Breite dient ein Punkt von 137° 9′ ö. L. und 36° 30′ n. Br. auf den als Nullpunkt der Zählung die Längen und Breiten (in Minuten) zu beziehen sind. Die gesamten Formeln sind:

Inklination $\vartheta = 50^0\ 28.6' + (1.141\ \varphi - 0.1556\ \lambda)'$

Horizontalintensität $H = 0.29482 - 0.0_4 67\ \varphi - 0.0_4 117\ \lambda$

Gesamtintensität $F = 0.46457 + 0.0_4 94\ \varphi - 0.0_4 45\ \lambda$

Deklination $\delta = 4^0\ 53.3' + (0.241\ \varphi - 0.109\ \lambda - 0.0_3 231\ \lambda)'$.

Eine Karte der Linien gleicher magnetischer Deklination für 1890 ist von Dr. G. Neumayer entworfen und 1891 vom Hydrographischen Amte in Berlin herausgegeben worden[2]). Diese Karte verdankt zunächst dem Bedürfnisse der praktischen Navigation,

[1]) Journ of the College of Sc. Imp. Univ. Japan 1888. **2.** p 161—262

[2]) Annalen der Hydrographie 1892. p. 41.

für eine neuere Epoche die Werte dieses wichtigsten magnetischen Elementes zu besitzen, ihre Entstehung. Nicht nur, dass es überhaupt wünschenswert ist, die Reduktion der Werte älterer Karten für die Zeit des Gebrauches zu vermeiden, also Karten neuesten Datums zu besitzen, ist auch unterdessen so viel zusammengetragen worden, was es ermöglichte, vorhandene Lücken auszufüllen, irrige Auffassungen und Angaben früherer Arbeiten zu verbessern und auszumerzen. Auch über lokale Unregelmässigkeiten konnte nun mancher neueren Anschauung Rechnung getragen werden.

„Es ist vielleicht hier am Orte, kurz die Gründe zu erörtern, weshalb für die Karte die Epoche 1890 und nicht etwa eine noch spätere gewählt wurde, um, daran anknüpfend, die hauptsächlichsten Reihen von magnetischen Beobachtungen neuester Zeit, die bei der Konstruktion der Isogonen verwendet wurden, namhaft zu machen.

Unter diesen Gründen führen wir in erster Linie an, dass von dem „Geodetic Survey“ der Vereinigten Staaten von Amerika wertvolle Arbeiten über die magnetischen Verhältnisse des Staatengebietes für 1890 herausgegeben worden sind. Es bezieht sich dies, als im vorliegenden Falle zumeist von Bedeutung, auf die „Isogonic Chart of the United States of America for 1890“, auf die Karte „Magnetic Meridians of the United States for January 1890“ und die Karte „Annual Change of the Magnetic Declination for the Epoch January, 1890“, wodurch unmittelbar zu verwendende Grundlagen gegeben waren. In Europa sind in Deutschland, Frankreich, Österreich, Italien, Dänemark und Schweden zwischen den Jahren 1885—1890 und weiterhin wertvolle magnetische Ortsbestimmungen ausgeführt worden, welche zu einer guten Kenntnis der Säkularänderungen der magnetischen Deklination und der absoluten Werte dieses Elementes führten, so dass eine Reduktion auf die Epoche 1890 Schwierigkeiten nicht bieten konnte. Von ganz hervorragendem Werte für die Konstruktion magnetischer Karten erweisen sich die Ergebnisse der dritten magnetischen Landesvermessung Grossbritanniens durch die Professoren Rücker und Thorpe. Sind diese letzteren Arbeiten auch auf 1886 bezogen, so ist in dem im Jahre 1890 erschienenen Werke darüber doch so eingehend die Frage über die Grösse der Säkularänderung behandelt, dass die Reduktion auf die angenommene Normalepoche mit genügender Sicherheit durchgeführt werden konnte. Aus dem Mittelländischen Meere liegen nun (seit 1890) gute magnetische Beobachtungen von Le Cannellier vor, während an der Nordküste von Afrika durch Leon Teisserenc de Bort u. a. magnetische Karten in neuerer Zeit konstruiert worden sind.

Im Jahre 1890 erschien das längst erwartete Werk von Dr. van Ryckevorsel über die Resultate der magnetischen Landesvermessung des östlichen Teiles von Brasilien, wodurch für Südamerika in Verbindung mit einigen neueren Vermessungen an der Westküste eine genügende Grundlage für die Konstruktion einer terrestrischen Isogonenkarte gewonnen wurde, wenn nur bei der Unsicherheit der

Werte der Säkularänderung darauf Bedacht genommen wurde, die Normalepoche nicht allzu weit voraus zu wählen: **1890** schien hierfür noch gerechtfertigt.

Seit mehreren Jahren mit der Zusammenstellung eines Segelhandbuches für den Indischen Ozean beschäftigt, hatte sich die Seewarte die Aufgabe zu stellen, die magnetischen Verhältnisse innerhalb des Gebietes dieses Meeres für eine recente Epoche zu bestimmen. Das Jahr **1890** schien hierfür besonders geeignet, und sind denn auch die Studien für das Entwerfen isomagnetischer Karten schon vor Jahresfrist so weit gediehen gewesen, dass die Konstruktion derselben vorgenommen werden konnte; es befinden sich in dem bereits erschienenen Atlasse zum Segelhandbuche des Indischen Ozeanes auf Tabelle **30**, **31** und **32** die Ergebnisse der Untersuchungen in isomagnetischen Karten dargestellt. Mit Beziehung auf die Grundlagen für diese Konstruktion mag teilweise auf die erläuternden Bemerkungen zu dem Atlasse, teilweise auf eine diesbezügliche kurze Darlegung in den Annalen für Hydrographie etc., Heft 10, verwiesen werden. Für die Entwerfung der terrestrischen Isogonen über Asien erwiesen sich von besonderem Werte die im Jahre 1888 in Tokio veröffentlichten Ergebnisse der durch Cargill G. Knott ausgeführten zweiten magnetischen Landesvermessung Japans. Die magnetische Landesvermessung von dem Gebiete um Taschkent von Dr. von Schwarz, deren Resultate im Jahre 1889 zur Veröffentlichung gelangten, ist für die Entwerfung der Isogonenkarte von hohem Werte gewesen; ganz besonders wichtig aber für die Definierung des Verlaufes der Kurven in der Gegend des eiförmigen Gebietes westlicher Deklination waren die von Dr. Eduard Stelling im Sommer 1888 im Lenagebiete ausgeführten magnetischen Beobachtungen, aus welchen hervorgeht, dass in jenen Gegenden erheblich grössere Werte der westlichen Deklination vorkommen, als bisher angenommen worden ist[1]. Dadurch musste dieses interessante Gebiet in dem Systeme der Isogonen der Erde eine etwas andere Gestalt annehmen, und es ist nur zu bedauern, dass wegen der noch immer mangelnden magnetischen Beobachtungen an der Polarstation Ssagastyr es nicht möglich wurde, die Kurven im nördlichen Teile des asiatischen Kontinentes mit erhöhter Sicherheit zu entwerfen. Dagegen lieferten die für die Polarstation Karmakul (Nowaja Semla) unterdessen herausgegebenen magnetischen Arbeiten einen erwünschten Beleg für die für jene Gegenden abgeleiteten Werte der magnetischen Deklination.

Es kann hier nicht die Absicht sein, einen vollständigen Litteraturnachweis über das der Karte zu Grunde liegende Material zu geben. Ein solcher bleibt für die Zeit vorbehalten, wenn auch die übrigen magnetischen Elemente in Karten für eine recente Periode werden dargestellt werden. Es mögen hier in Kürze nur noch einige der Beobachter, sofern sie nicht schon im Obigen aufgeführt worden

[1] Repert. f. Meteorologie **13**. Nr. 4.

sind, namhaft gemacht werden. Wir nennen hier nur: Assaffrey, Carlheim-Gyllenskiöld, Chistoni, Duderstadt, Eschenhagen, Hoogewerff, Liznar, Mielberg, Moureaux, Neumayer, Paulsen, Schaper, von Tillo u. a. mehr. Dass die Resultate sämtlicher magnetischer Observatorien der Erde bei der Ermittelung der Werte der absoluten Deklination sowohl, wie auch jener der Säkularänderungen derselben zu Rate gezogen worden sind für die Zwecke der Konstruktion der besprochenen Isogonenkarte, bedarf wohl kaum erst einer besonderen Erwähnung."

Eine sprungweise lokale Änderung der magnetischen Deklination hat man an der Riviera beobachtet und als Erklärung eine Beeinflussung der Magnetnadel durch Serpentinmassen angenommen. Durch eine Reihe von Beobachtungen zwischen Almese und Viù in den Grajischen Alpen, wo ebenfalls bedeutende, an Magneteisen reiche Serpentinstücke vorkommen, hat S. Franchi die Richtigkeit dieser Hypothese geprüft[1]) und in der That eine nicht unbedeutende, bis zu 5° betragende Ablenkung der Magnetnadel nachgewiesen. Man erkennt deutlich, wie mit Annäherung an jene Gesteinsmassen die Deklination zu-, resp. abnimmt, je nachdem die ablenkende Kraft östlich oder westlich liegt[2]).

Über die Ursache der mit den Variationen des Erdmagnetismus auftretenden ablenkenden Kraft verbreitete sich J. Liznar[3]). Diese Variationen rühren nach seiner Ansicht nicht von Veränderungen im magnetischen Zustande des Erdkörpers her, werden vielmehr durch eine ablenkende Kraft verursacht, so dass wir in den Variationen das Resultat der Wirkungen des Erdmagnetismus und dieser ablenkenden Kraft beobachten. Es ist daher von grösster Wichtigkeit, dass wir zunächst diese ablenkende Kraft näher kennen lernen und dann erst nach ihrer Ursache suchen. Liznar zeigt, in welcher Weise man sowohl die Intensität (in absolutem Masse) als auch die Richtung der ablenkenden Kraft bestimmen kann, wenn uns diejenige Lage der Magnetnadel bekannt wäre, welche sie unter dem alleinigen Einflusse des Erdmagnetismus annehmen würde. Da diese Lage weder eine jährliche, noch eine elfjährige Periode zeigen darf, so hofft er, dass es gelingen werde, dieselbe zu ermitteln. Die aus den Variationen der Deklination und Inklination ermittelte Mittellage entspricht nicht der unabgelenkten Nadellage, da sie die oben bezeichneten Perioden aufweist. Dass die berechneten Mittelwerte eine jährliche Periode zeigen, ist bekannt. Die elfjährige Periode weist aber Liznar aus den Beobachtungen in Pawlowsk zum ersten Male nach. — Aus den wenigen Rechnungen, welche er über die ablenkende Kraft anstellen konnte, ergiebt sich, dass diese Kraft nicht der Magnetismus der Sonne sein

---

[1]) Boll. d. R. Com. Geol. d'Italia **21.** 10—14. Taf. 1. 1890.
[2]) Neues Jahrbuch für Mineralogie 1891. **2.** p. 44.
[3]) Wiener Akad. Anzeiger 1892. p. 34.

kann, ein Resultat, das bekanntlich Lloyd und Hanstein auf einem ganz anderen Wege erhalten haben. — Ob die ablenkende Kraft ihren Sitz in der Sonne hat, werden wir mit Sicherheit erfahren, wenn es gelingt, auf dem von Liznar beschriebenen Wege die ablenkende Kraft zu bestimmen; die Änderungen derselben werden uns aber beim Suchen nach ihrer Ursache als Fingerzeig dienen können.

Eine Methode zur graphischen Darstellung der Richtungsänderungen der erdmagnetischen Kraft ist von J. Liznar angegeben worden.[1]) Bei der graphischen Darstellung der Änderungen der erdmagnetischen Kraft hat man bisher die einzelnen Elemente getrennt zur Anschauung gebracht, wodurch es schwer war, sich ein richtiges Bild der wirklich eingetretenen Veränderungen zu verschaffen. In obiger Abhandlung wird in aller Kürze eine Methode erläutert, nach welcher man die Richtungsänderungen in höchst übersichtlicher Weise darstellen kann.

Eine um ihren Schwerpunkt nach allen Richtungen frei bewegliche Magnetnadel würde Lagen annehmen, welche den uns bekannten Perioden (tägliche, jährliche u. s. w.) der Deklination und Inklination entsprechen. Während einer solchen Periode beschreibt die Richtung der erdmagnetischen Kraft eine Kegelfläche. Denkt man sich zu einer bestimmten Richtung (etwa der mittleren) der Kraft eine Ebene senkrecht gelegt, so gäbe die Schnittkurve derselben mit der erwähnten Kegelfläche ein anschauliches Bild der Bewegung. Es wird sich also bei der Darstellung der Richtungsänderungen um die Bestimmung der Schnittpunkte der Kraftrichtung mit der bezeichneten Ebene, die als Zeichnungsfläche gedacht wird, handeln.

Liznar entwickelt nun die Formeln und wendet sie darauf an, den täglichen Gang der erdmagnetischen Kraft für die vier Orte: Jan Mayen, Pawlowsk, Tiflis und Batavia zur Darstellung zu bringen. Die geographischen Koordinaten dieser Orte sind:

Ort	Breite	Länge von Gr.
Jan Mayen . . .	70° 59′ N	8° 20′ W
Pawlowsk	59 41 N	30 29 O
Tiflis	41 43 N	44 47 O
Batavia	6 11 S	106 50 O

Von den Stationen Pawlowsk, Tiflis und Batavia sind die Jahresmittel für 1885 und von Jan Mayen die Mittel für 1882—1883, wie man sie in den Publikationen vorfindet, benutzt. Die berechneten Werte wurden in ein Koordinatennetz eingetragen und auf einer der Abhandlung beigegebenen Tabelle dargestellt. „Ein Blick auf die Tabelle genügt, um die grosse Verschiedenheit der täglichen Bewegung an den gewählten Stationen zur Anschauung zu bringen. Bei allen Kurven sieht man, dass der Weg, welchen die Kraft-

[1]) Sitzungsberichte d. Kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien. Mathem.-naturw. Klasse; **100.** Abt. II. a. November 1891.

richtung am Tage zurücklegt, ein ganz regelmässiger ist; die Nachtstunden zeigen aber mit Ausnahme von Jan Mayen grössere Unregelmässigkeiten. Hätte Verfasser von Jan Mayen die Mittel aus allen Tagen genommen, so würden auch hier Unregelmässigkeiten in der Kurve aufgetreten sein. Bei den Stationen Pawlowsk, Tiflis und Batavia ist die Bewegung während der Nacht eine verhältnismässig sehr langsame, was an dem Zusammendrängen der Stundenpunkte erkannt wird, so dass der während der Nacht beschriebene Teil der Kurve nur einen kleinen Bruchteil derselben bildet. In Jan Mayen ist die Bewegung während der Nachtstunden eine zwar etwas langsamere als am Tage, doch bei weitem nicht von der untergeordneten Bedeutung wie bei den anderen drei Orten.

Für die Grösse der täglichen Bewegung giebt der Flächeninhalt der Kurven das beste Mass ab, und da alle in demselben Massstabe gezeichnet sind, so sehen wir auf den ersten Blick, wie gewaltig verschieden die Bewegung ist. Gewöhnlich glaubt man, dass die Bewegung der Kraftrichtung in der Nähe des Äquators viel kleiner sei als in höheren Breiten; aus dem Flächeninhalte der Kurven von Batavia und Pawlowsk werden wir aber eines besseren belehrt! Den Flächeninhalt der für Jan Mayen dargestellten Kurven kann man mit jenem der anderen Orte nicht vergleichen, da die Kurve von Jan Mayen dem Jahre 1882—1883 entspricht, während die übrigen die tägliche Bewegung des Jahres 1885 darstellen.

Diese Darstellungsweise hat nicht nur den grossen Vorteil, dass sie uns die wirkliche Bewegung der Kraftrichtung sehr schön veranschaulicht, sondern sie könnte sich auch zur Beantwortung so mancher Fragen sehr dienlich erweisen. Verfasser will nur ein Beispiel anführen. Um die Abhängigkeit der Grösse der täglichen Bewegung von den Sonnenflecken zu bestimmen, braucht man nur für die einzelnen aufeinanderfolgenden Jahre die Kurven darzustellen und ihren Flächeninhalt zu bestimmen (etwa mittels eines Planimeters); die Flächeninhalte werden die eingetretenen Veränderungen in der Grösse der Bewegung jedenfalls besser zur Anschauung bringen, als jede der bisher betrachteten Grössen. Ein Vergleich solcher Kurven von Orten verschiedener geographischer Lage dürfte auch einen besseren Überblick über die Abhängigkeit der Richtungsänderungen von der Lage des Ortes geben.

5. Vulkanismus.

Über die Vesuveruption vom 7. Juni 1891 macht R. V. Matteucci Mitteilungen[1]). An jenem Tage brach abends, nachdem am Morgen der kleine Eruptionskegel auf der Spitze des Vesuvs eingestürzt war, infolge von Dampfspannung im Inneren des Berges

---

[1]) Atti d. R. Accad. d. sc. fis. e. mat. di Napoli [2a] 5. Nr. 2. 1891.

eine Spalte auf, welche den grossen Aschenkegel von der Spitze bis zu seinem Fusse im Atrio di Cavallo durchsetzte. Dieselbe besitzt genau nord-südliche Richtung und erscheint als Fortsetzung des kleinen 1885 auf der entgegengesetzten Seite des Kegels entstandenen Risses. Unter Entwickelung dichten Rauches und unter reichlichem Aschenauswurfe trat ziemlich viel Lava aus, welche sich in das Atrio ergoss und bald den Fuss des Mte. Somma erreichte. Am 24. Juni begann dieselbe gegen Westen abzufliessen und gelangte am 10. November bis an den oberen Teil des Fosso Vetrana, wo sie jedoch stehen blieb. Der Strom legte einen Weg von 2375 *m* mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 2.15 *m* in der Stunde zurück und bedeckte ein Areal von 78 $^1/_2$ *ha.* Ob dieser Ausbruch des Vesuvs, der 16 Stunden nach dem starken Erdbeben in Oberitalien stattfand, zu diesem in ursächlicher Beziehung steht, lässt Matteucci unentschieden.

Die vulkanische Thätigkeit in Sizilien und auf den Liparen 1888 und 1889 ist von O. Silvestri dargestellt worden[1]), Die Hauptmasse der vulkanischen Erscheinungen lieferten Ätna und Vulcano. Ersterer hatte keinen grossen Ausbruch, dagegen steigerte sich in der ersten Hälfte von 1888 die Thätigkeit des Gipfelkraters bis zum Augenblicke der Eruption auf Vulcano. Von da an ist er ungemein ruhig gewesen. Der Seitenkrater von 1886 stiess auch 1889 noch immer saure Dämpfe aus. Der grosse Ausbruch auf Vulcano begann am 3. August 1888, nachdem schon 1876—1879 einige vorbereitende heftige Explosionen stattgefunden hatten. Die Eruption erfolgte im grossen Krater mit heftigem Aschenauswurfe, der besonders den südlichen Teil der Insel schwer schädigte, die einer englischen Gesellschaft gehörigen Fabriken und Schwefel- wie Borsäuremagazine vernichtete. Die erste Phase dauerte bis zum 8. August. Dann trat Ruhe ein, am 19. begannen die Explosionen wieder und haben bis Ende 1889 angehalten. Lava ist nicht ergossen, auch haben sich keinerlei Erderschütterungen bemerkbar gemacht. Einen solchen Zustand und einen derartigen Grad von eruptiver Thätigkeit will Silvestri mit einem besonderen Ausdrucke als „attività vulcaniana“ bezeichnen. Der neue Krater steht im alten, in welchem alle industriellen Anlagen verschwunden sind, liegt 265 *m* über dem Meere und hat 120—130 *m* Durchmesser. Silvestri hat ihn mit einigen Schülern erstiegen und die Explosionen aus der Nähe beobachtet. Im Winter 1889 traten einmal bei niedrigem Barometerstande 112 Ausbrüche in 8 Stunden ein.

Bei Lipari scheinen 1888 mehrfach unterseeische Eruptionen vorgekommen zu sein, was man aus den wiederholten Kabelbrüchen bei dieser Insel schliesst. Zur Untersuchung dieser Ereignisse wurde eine Kommission eingesetzt.

---

[1]) Atti d. Accad. Gioenia d. sc. nat in Catania. **65. 66.**

Seit dem 23. Oktober 1888 ist auch der Stromboli heftiger thätig gewesen, vor allem floss aus mehreren Öffnungen einige Monate Lava aus [1]).

Der submarine Ausbruch bei der Insel Pantellaria im Oktober 1891 ist von A. Riccò studiert worden [2]). Die Ausbrüche begannen am 17. Oktober, während A. Riccò schon am 22. auf Pantellaria erschien. Die ersten Erschütterungen auf dieser Insel bemerkte man am 24. und 25. Mai 1890, wodurch etwa 50 Cisternen zerstört und ein kleiner Teil der Küste gehoben wurden. Dann ruhte die Bewegung bis zum 14. Oktober 1891, an welchem Tage die ersten Erschütterungen wahrgenommen wurden, denen andere bis zum 26. Oktober folgten. Doch waren dieselben örtlich sehr beschränkt, und im SO der Insel wurde nichts davon wahrgenommen. In der Linie Ferdinandea-Sciacca fand der Ausbruch statt auf einer Erstreckung von anfangs 1 *km* langer und 50 *m* breiter Strecke an 3 oder 4 Stellen. Dampf- und Wassersäulen wurden emporgeschleudert, ebenso vulkanische Bomben, die zerplatzten und untersanken. Andere schwammen auf dem Wasser und waren bei der Prüfung noch so heiss, dass ein hineingesteckter Zinndraht schmolz. Angestellte Lotungen ergaben 320 *m* Tiefe an Stellen, wo der Seekarte gemäss früher nur 160 *m* Wasser standen.

Über das Gestein der bei Pantellaria entstandenen Insel hat H. Förstner Mitteilungen gemacht [3]). Die neuentstandene Insel war etwa 1000 *m* lang und 200 *m* breit. Die vulkanische Thätigkeit gelangte erst im Dezember zur Ruhe und schloss mit der Bildung noch einer kleinen Insel südlich von Pantellaria. Das Produkt der nördlichen Insel ist ausgesprochen schlackig-blasig, zum Teile glasig-schimmernd. Die von H. Förstner ausgeführte chemische Analyse ergab einen auffällig hohen TiO_2-Gehalt. Im Dünnschliffe erkennt man neben den krystallisierten Bestandteilen ein in seiner Menge variierendes, zuweilen stark zurücktretendes braunes Glas, welches insbesondere die dünnen Wände der runden Blasenräume bildet. Unter den Einsprenglingen herrscht Plagioklas mit zahlreichen Glaseinschlüssen, tafelförmig und prismatisch entwickelt, vor. Derselbe ist nach der Analyse des Gesteines und optischem Verhalten als Anorthit zu deuten; Augit bildet grössere, nicht zu häufige Einsprenglinge, Olivin grössere und kleinere Kristalle. Die Grundmasse wimmelt von den verschiedensten mikrolithischen Ausscheidungen, da sind die bekannten auf Plagioklas bezogenen rhombischen Täfelchen, Eisenerze in hexagonalen und quadratischen Umrissen, gegitterte und netzförmige Wachstumsformen opaker Substanzen, ferner farnwedelartige, grünlich bis bräunlich durchscheinende Aggre-

---

1) Deecke im Neuen Jahrbuche für Mineralogie 1892. **2.** p. 259.
2) Bull. Soc. Geogr. Ital. [3.] 1892. p. 131—156.
3) Tschermaks mineral. Mitt. **12.** p. 510. Chem. Centralblatt 1892. **2.** p. 936 woraus oben im Texte.

gate (wie aus dem bekannten Pechsteine von Arran). Das Gestein gehört zu den tachylytischen Basaltgläsern. Chemisch steht das Gestein den Basaltlaven von Pantellaria und auch dem Gesteine der verschwundenen Insel Ferdinandea und endlich den Ätnalaven nahe; es schliesst sich überdies topographisch wie geologisch an die Basaltvorkommen im NW der Insel Pantellaria an. Seit dem Ende der Tertiärformation bis auf unsere Tage ist nun das Senkungsfeld zwischen Sizilien und Tunis, in dessen Mitte etwa Pantellaria liegt, der Schauplatz vulkanischer Thätigkeit gewesen, in deren Verlaufe basaltische Massen gefördert wurden, deren Zusammensetzung sich nicht wesentlich geändert hat, und die auch den Eruptionsprodukten des grossen sizilianischen Zentralvulkanes nahe stehen.

Die Canarischen Inseln, besonders Lanzarote und die Isletas, schilderte Prof. Simony auf Grund eigener Bereisung derselben [1]). Wer sich den Inseln nähert, erblickt als erstes Anzeichen derselben, „vom scheinbaren Rande des Ozeans noch durch weite, unter dem Horizonte liegende Wasserwüsten geschieden, einen sanft geböschten, blaugrauen Kegel. Eine ausgedehnte, fast ebene Wolkenbank bildet anfänglich seine Basis und wird erst bei weiterer Annäherung zu einem blendend weissen Gürtel, der auf die tieferen Gehänge des immer mächtiger emporwachsenden Berges breite Schatten wirft: es ist der Pico de Teyde (3711 *m*), welcher sich in solcher Gestalt zuerst dem erstaunten Blicke darbietet und so unwillkürlich die Täuschung veranlasst, dass die Insel Tenerife, als deren erhabenes Wahrzeichen der genannte Vulkan weltbekannt ist, im wesentlichen nur aus diesem einzigen Berge bestehe. In Wirklichkeit gehört derselbe jedoch einem flachgewölbten Dome an, durch dessen Aufschüttung drei altvulkanische Eilande — gegenwärtig durch die Anagakette im Nordosten, das Tenogebirge im Westen und die Bergkämme nächst Adeje im Süden von Tenerife gekennzeichnet — zu einer einzigen Insel verbunden worden sind, und überragt als zentraler Teil des sogenannten Teydegebirges inmitten eines 20 *km* langen und 12 *km* breiten elliptischen Kraters den fast ebenen Grund des letzteren, die sogenannten Cañadas, um etwa 1500 *m*. Auch der Pico de Teyde im engeren Sinne zerfällt noch in zwei deutlich markierte Teile, den abgestumpften, ostwärts von der Montaña blanca (2740 *m*), westlich vom Pico viejo (3120 *m*) flankierten Rambletakegel und den 140 *m* hohen Piton, welcher sich aus der obersten, schwach eingebauchten Fläche dieses Kegels, der sogenannten Rambleta (3570 *m*), erhebt und den 40 *m* tiefen Gipfelkrater des Pico de Teyde enthält. Seine vulkanische Thätigkeit ist übrigens bereits seit einer Reihe von Jahren sehr unbedeutend, indem nur einzelne unterhalb des östlichen Kraterrandes im Innenhange gelegene Spalten heisse Dämpfe aushauchen, die in

[1]) Gaea 1892.

Höhen von wenigen Metern spurlos verschwinden und in grösserer Entfernung völlig unsichtbar bleiben.“

„Auf Lanzarote bilden die Vulkane eine ungefähr von Ostnordost nach Westsüdwest streichende Kette, als deren östliches Endglied die nordöstlich von Arrecife gelegene Montaña de Tahiche (310 *m*) mit ihren drei Kratern (Tiefe der grössten Caldera 94 *m*) zu betrachten ist. Zwischen dem genannten und dem nächsten Ausbruchskegel, der Montaña de Maneje (298 *m*), hat gegen das Ende der vorletzten Eruptionsperiode (1730—1736) ein meilenlanger Lavastrom in wechselnder Breite seinen Weg bis nahe an das Meer genommen und grenzt sich vermöge seiner schwarzgrauen Färbung noch jetzt scharf von seiner braungelben Umgebung ab. Weiter erscheint speziell der dritte Vulkan der Kette, die Montaña de la Rosa (342 *m*), durch die Grösse und regelmässige Gestalt seines 167 *m* tiefen Kraters bemerkenswert, während von den übrigen Ausbruchskegeln hier lediglich die Montaña blanca (587 *m*), der Pico de Guardilama (594 *m*) und die südöstlich von Yaiza aufsteigende Montaña de Tinasoria (498 *m*) angeführt werden mögen. Die letztere besitzt einen geräumigen, jedoch nur 90 *m* tiefen Krater, auf dessen porösem, dunklem Aschenboden Feigengebüsche und Weinreben in künstlich hergestellten, kesselförmigen Vertiefungen vortrefflich gedeihen. Seine nordwestlichen und westlichen Aussenhänge enthalten in 343 und 316 *m* Seehöhe zwei kleine Wasseransammlungen, welche ihre Stabilität ausschliesslich einer lokalen Zunahme der Luftfeuchtigkeit verdanken, wie sie durch die den Vulkan sehr häufig streifenden Wolken bedingt wird. Die grössere der beiden „Quellen“ füllt ein metertiefes, überwölbtes Reservoir von 1.3 *m* Breite, dessen Zugang durch eine Holzthür verschliessbar ist, mit gelblichem, aber geschmackfreiem Wasser und versiegt nicht einmal bei mehrmonatlicher Dürre, obwohl die Landleute der Umgebung täglich aus dieser „Fuente“ Wasser schöpfen.

Ein zweiter, gleichfalls vulkanischer Höhenzug, welcher in der Montaña Atalaya (608 *m*), dem höchsten Berge des südwestlichen Teiles von Lanzarote, gipfelt, beginnt nächst der als Punta del Papagayo bezeichneten Südspitze der Insel mit dem kraterlosen Pico de la Hacha grande (570 *m*) und verläuft in fast südnördlicher Richtung bis zu der bei Yaiza gelegenen Montaña de la Cinta. Ihre südöstlichen Gehänge dachen sich in mässiger Neigung (20—30°) gegen ein kurzes, wasserloses Thal, das sogenannte Valle grande, ab und bieten einen bequemen Anstieg zur höchsten Kuppe (435 *m*), von der man die ausgedehnten, im Laufe der Eruptionsperiode von 1730—1736 entstandenen Lavafelder samt ihren Ausbruchskegeln wohl am besten übersehen kann.

Gegen Südwest breitet sich eine hellgefärbte, spärlich bebaute Ebene aus, welche nur nahe der mit einem kleinen Leuchtturme besetzten Punta Pechiguera den braunroten Kraterkegel der Montaña roja (207 *m*) trägt. Gegen Westen werden bereits die äussersten

Ausläufer der Lavaströme des vorigen Jahrhunderts als dunkle, scharf abgegrenzte Streifen längs der Küste, sowie zwischen einzelnen älteren Vulkanen von geringer Höhe ersichtlich, ohne jedoch eine bedeutende vertikale Mächtigkeit zu zeigen, da die Lava in diesem vorherrschend flachen Gebiete grösstenteils unbehindert vordringen, beziehungsweise nach dem Meere abfliessen konnte. Hierbei entstanden im ganzen drei noch jetzt unterirdisch mit der See kommunizierende Teiche, und zwar durch Abdämmung einer früheren Bucht der seichte, fischreiche Charco del Janubio von etwa 3 *km* Umfang, ferner im Grunde eines ursprünglich gegen das Meer offenen Tuffkraters der Charco del Golfo und weiter landeinwärts am Westfusse der ziegelroten Montaña Bermeja (112 *m*) ein dritter Charco, der namentlich die zierliche Atherina Boyeri in grosser Anzahl beherbergt.

Gegen Nord und Nordost umfasst die Fernsicht eine einzige schwarzgraue Lavawüste, deren bedeutendste Ausbruchskegel — abgesehen von verschiedenen isolierten Vulkanen, unter welchen speziell der 1824 südwestlich von Tinguaton aufgeschüttete „Volcano nuevo“ hervorzuheben ist — eine zu der Vulkanreihe: Montaña de Tinasorio, Pico de Guardilama u. s. w. nahezu parallele Kette bilden. In der östlichen Hälfte der letzteren erhebt sich als Kulminationspunkt des ganzen Lavagebietes die teilweise grell ziegelrote Montaña colorada (526 *m*) mit ihrem 63 *m* tiefen Gipfelkrater, nächst welcher gegen Südwest, resp. Nordwest die mächtige, 176 *m* tiefe Caldera de Fuencaliente (435 *m*) und ein unbenannter, durch seine Form auffallender Eruptivkegel (502 *m*) mit zwei Kratern von 41 und 60 *m* Tiefe gelegen sind. Der westwärts sich anschliessende, gleichfalls mit schwarzgrauer Asche bedeckte Vulkan (497 *m*) führt den Namen Montaña de Minadero und verdient hier nur insofern ein Erwähnung, als sich in seinem Westhange unter einem weitverzweigten Feigengebüsche eine beständige, durch Steinplatten geschützte Wasseransammlung, la Fuente de la Higuera (Seehöhe 366 *m*), befindet. Ein um so grösseres Interesse beansprucht hingegen der auf die Caldera de Fuencaliente folgende zentrale Ausbruchskegel der ganzen Kette, die Montaña del Fuego (520 *m*) vermöge ihrer fortdauernden Wärmeentwickelung.

Der isolierte Ausbruchskegel der Montaña de la Corona besitzt eine 170 *m* tiefe Caldera, deren wie eine Krone (Corona) ausgezackte Ränder sich gegen Nordnordost bis 112 *m* unter das Niveau des höchsten Randpunktes (590 *m*) senken. Unterhalb dieser Einsattlung sind mächtige Lavaströme zutage getreten und grösstenteils nach Osten abgeflossen. Sie haben mehrfach verzweigte Höhlen gebildet, deren bedeutendster Komplex unter dem Namen Cueva de los Verdes bekannt ist. Diese „Cueva“ besteht aus drei vorwiegend von Nordwest nach Südost übereinander verlaufenden Lavakanälen von sehr beträchtlicher Länge — vielleicht 6 bis 8 *km* — und ist am bequemsten durch ihre weite südöstliche Öffnung zugänglich, wo durch

den Einsturz eines Teiles der Decke des obersten Lavakanales ein nahezu elliptischer Kessel (Jameio) mit 7—10 *m* hohen Seitenwänden entstanden ist. Man gelangt daselbst über eine Geröllhalde in einen natürlichen Tunnel, dessen Höhe gemeiniglich zwischen 4 und 15 *m* schwankt, aber an einer durch heftigen Luftzug bemerkenswerten Stelle so gering wird, dass man sich nur liegend hindurchzwängen kann. An anderen Stellen schaffen lochähnliche Durchbrüche die Möglichkeit, mittels eines Seiles den Grund des zweiten Lavakanales zu gewinnen, der seinerseits mit dem dritten in ähnlicher Weise kommuniziert.“

Bezüglich der Isletas muss hier auf das Original verwiesen werden.

Der Vulkan von Poás ist durch H. Pittier 1890 untersucht worden. Dieser 19 englische Meilen nordwestlich von San José in Costarica gelegene Berg besteht aus einem Komplexe von Vulkanen, die durch Hebungen zu verschiedenen Zeiten gebildet sind; jede Hebung erzeugte einen neuen Krater. Von den jetzt vorhandenen drei Kratern liegt der eine, wahrscheinlich der älteste, unmittelbar unter der höchsten Spitze des Berges in einer Höhe von 8400 Fuss; derselbe ist mit Wasser gefüllt und bildet einen See von ungefähr 1500 Fuss im Durchmesser. Die Temperatur des Wassers beträgt 52° bis 55° F., das Wasser ist von angenehmem Geschmacke, obgleich einige Zuflüsse schwefelhaltig sind. Den Abfluss des Sees vermittelt der Angelfluss, welcher der nordwestlichen Seite des Sees entströmt. Der zweite Krater ist fast vollständig durch die Bildung des dritten, des noch thätigen, zerstört. Dieser Krater liegt zwischen den beiden anderen, besitzt eine ausserordentliche Tiefe und ist von senkrechten Wänden umschlossen. Auf seinem Grunde befindet sich ein kleiner See von 250 Fuss im Durchmesser, dessen Wasserspiegel 7470 Fuss über dem Meere liegt. Die grösste gemessene Wärme des Wassers betrug 180° F. Das Wasser ist von schmutzigem Aussehen und mit Schwefelsäure gesättigt, auch findet auf demselben ein stetes Aufwallen von Gasdämpfen statt, in denen Pittier das Vorhandensein von schwefliger Säure und Kohlensäure nachwies, welche das gewöhnliche Produkt der im Erlöschen befindlichen Vulkane sind. In noch nicht genau ermittelten Zwischenräumen zeigt sich im nördlichen Teile des Sees plötzlich eine lebhafte Bewegung des Wassers, eine mächtige Säule schmutzigen Wassers wird in die Höhe geschleudert, die bei ihrem Herunterfallen eine gewaltige Wellenbewegung auf dem See verursacht. Der ganze Abgrund wird alsdann mit weissen Dämpfen gefüllt, die sich bis zu einer Höhe von mehreren Hunderten von Fuss erheben und weithin, bis San José, sichtbar sind. Pittier glaubt, diese Erscheinung dahin erklären zu können, dass das Wasser und der Schlamm des Sees bis zu einem vulkanischen Zentrum sinken; der stetig wachsende Druck der durch die hohe Temperatur entstehenden Wasserdämpfe bewirkt schliesslich

das explosionsartige Herausschleudern der darüberliegenden Wassermasse [1]).

Der Demavend, der höchste Gipfel des Elburssystems, ist von Sven Hedin auf Grund eigener Beobachtungen und alles sonst bekannt gewordenen Materiales geschildert worden [2]). Dieser Berg, der nur einige Tagereisen von Teheran entfernt liegt, ist relativ häufig bestiegen worden, allein über seine Höhe sind die Ansichten noch sehr schwankend. Sieht man von früheren barometrischen Bestimmungen ab, so hat Oberst Lemm 1839 von Teheran aus trigonometrisch die Höhe zu 18846 Pariser Fuss gefunden, doch ist auch dieses Ergebnis unsicher, da der Abstand des Berges von Teheran nicht genau genug bekannt war; auch die Messung von Lentz (1860) ist aus ähnlichen Gründen ungenau. Sicherer ist das Ergebnis von Stebnitzky (18600 engl. Fuss); in Stieler's Handatlas wird die Höhe zu 5900 *m* angegeben. Sven Hedin hat seine neue Höhenbestimmung auf Ablesung von (3) Siedethermometern gegründet und ist sehr sorgfältig zu Werke gegangen. Er findet die Höhe zu 5465 *m*, in guter Übereinstimmung mit den früheren Angaben, allein das Verfahren ist an und für sich doch so wenig genau, dass der wahrscheinliche Fehler mehrere hundert Meter betragen kann. Über die vulkanische Natur des Demavend bemerkt Sven Hedin: „Wir wissen zwar, dass der Demavend ein Vulkan ist, aber ob derselbe als thätig oder erloschen betrachtet werden kann, ist schwerer zu bestimmen. Soviel man weiss, hat er in der historischen Zeit keinen Ausbruch gehabt, und die morgenländischen Schriftsteller, die den Berg erwähnen, äussern kein Wort über einen vulkanischen Ausbruch. Dagegen erwähnen mehrere der alten arabischen und persischen Geschichtsschreiber Rauchwolken, welche vom Gipfel des Berges emporstiegen, und lassen uns dadurch vermuten, dass die Thätigkeit des Vulkanes in früheren Zeiten viel lebhafter gewesen ist als jetzt. In der Schrift „Paradies der Philosophie" aus dem neunten Jahrhunderte heisst es beispielsweise, „auf dem Gipfel seien dreissig Spalten und Löcher, aus denen Schwefeldampf mit Getöse emporsteige; woraus sich ergebe, dass in den inneren Höhlen des Berges ein Feuer brenne" [3]). Ibn Haukal sagt im Manuskripte „Sur al Beldan", dass aus dem Wohnorte Zohaks und der Magier unter dem Berge eine grosse Menge Rauch emporsteige. Endlich erzählt Abul Feda, dass man auf dem Gipfel eine unfruchtbare, sandige Ebene findet, wo man 70 Öffnungen zählt, von denen beständig schwefelhaltige Dämpfe ausströmen, die jedem, der sich zu nahen wagt, Schwindel verursachen. Sadick Isfahani erzählt, dass während des Tages von diesem Berge Rauch aufsteige. Istachri und Hamd Allah Kasvini haben ähnliche Mitteilungen geliefert.

[1]) Bull. Americ. Geograph. Soc 1891. Nr. 2. Verhdlg. der Ges. für Erdkunde zu Berlin. 1891. **18.** p. 417.

[2]) Verhandlungen der Ges. für Erdkunde zu Berlin. **19.** 1892. p. 304 ff.

[3]) Ouseley, Travels **3.** p. 329. Ritter, Erdkunde. **8.** p. 565.

Sir Thomas Herbert erzählt, dass der Gipfel jede Nacht von Feuer umgeben sei. Olivier sagt, dass der Berg bisweilen viel Rauch ausspeit, und findet es wahrscheinlich, dass man es mit dem Krater eines noch nicht ausgebrannten Vulkanes zu thun habe. Bei Morier heisst es: „Die Einwohner versichern, dass er bisweilen Rauch ausspeit; und der Umstand, dass sich in kleinen Kratern am Fusse des Berges Schwefel findet, kann vielleicht zu dem Schlusssatze führen, dass der Gipfel ein Vulkankrater ist. Bisweilen werden sehr starke Erdbeben beim Demavend vernommen. Wir empfanden einen heftigen Stoss, als wir uns dort im Juni aufhielten, und vor neun Jahren waren die Stösse so gewaltig und wiederholten sich so oft, dass viele Dörfer in Masenderan vollständig zerstört wurden, und das ganze Land ringsumher in grösste Unruhe versetzt wurde."

Sir Taylor Thomson schreibt, dass der Schwefelkegel mit seinem kratergleichen Gipfel, die heisse Luft und der Dampf, die aus seinen Spalten hervordrängen, die heissen Quellen an seiner Basis, die Schlacken und Bimssteine, die an den Seiten gefunden sind, zeigen, dass er nicht nur in vergangenen Zeiten die Mündung eines ausgedehnten vulkanischen Gebietes war, sondern auch, dass sein Feuer noch nicht erloschen sei. Für die noch nicht erloschene Thätigkeit des Vulkans sprechen auch in der That die heissen Schwefelhöhlen, welche einige Reisende besucht und beschrieben haben. Die Höhle, in welcher Taylor Thomson die Nacht verbrachte, hat zwei Abteilungen, von denen die innere auf 19.56° R. erwärmt war. An einer Stelle war der Boden so heiss, dass man die Hand nicht darauf halten konnte. Am Eingange der Höhle Nun Lag, welche Kotschy besuchte, stiegen aus einer zwei Zoll breiten und zwei Fuss langen Felskluft stossweise und unter dumpfem Rauschen schweflige Wasserdämpfe empor. Der Aschenboden der Höhle war angenehm lau. Auch Czarnotta beschreibt eine unter dem Gipfel befindliche Höhle, in deren Mitte das Thermometer + 21° R. zeigte. An zwei Punkten der säulenförmigen Wände war der Boden so heiss, dass man kaum eine Minute darauf stehen konnte; die Temperatur schwankte hier zwischen + 42° und + 50° R. Die Ursache davon war das hier beständige Ausströmen von schwefelsauren Dämpfen, das mit einem dumpfen Geräusche verbunden war. R. Thomson fand, dass es in der Nähe des Gipfels zwei Höhlen giebt: die eine sei 100 Fuss unter dem östlichen Rande des Kraters gelegen, ungefähr 16 Fuss tief und 5 Fuss breit; die zweite, weiter unten gegen SO gelegen, sei viel kleiner. Aus diesen beiden Höhlen tritt ein mit Schwefel stark imprägnierter Dampf hervor, welcher auf der ganzen inneren Oberfläche Kristalle bildet. Brugsch sagt: „Die unmittelbar unter dem Krater befindliche, von Ritter erwähnte Schwefelhöhle bot nach Osten zu einen Eingang von etwa $2^1/_2$ Fuss Höhe. Das Innere derselben mochte 8 Fuss lang und 4 Fuss breit sein und war hoch genug, um darin aufrecht stehen zu können. Die aus derselben aufsteigenden Dämpfe belästigten die Reisenden nicht, da

der Wind nicht gegen die Öffnung blies. Die Quelle, welche aus der Höhle zu Tage kommt, floss zur Zeit nicht. In der Höhle selbst, wie ringsumher, lagen Schwefelstufen von verschiedener Grösse und Reinheit. Die Temperatur im Inneren war + 7° R.; auch ausserhalb derselben, in ihrer nächsten Umgebung, empfand man die ausströmende Wärme sehr deutlich. Insbesondere war der Fussboden ringsumher so durchwärmt, dass man sich an einzelnen Punkten in der Nähe nicht niederzusetzen vermochte.

Bei Kotschy finden wir eine ganz ausdrückliche Behauptung, dass er den Berg „rauchen“ gesehen hat. Vom Berf Tschal bemerkte er den Kegel des Demavend, der stark rauchte, und von Ser Berf Tschal konnte er den Rauch noch besser wahrnehmen. Mehrere runde Säulen erhoben sich in die Luft, von denen die an der Ostseite unter der Spitze aufsteigende sehr stark war. Sein persischer Begleiter befragte einige Leute über das Phänomen und bekam zur Antwort, der Berg rauche selten so stark wie diesmal; die stärkste Säule kam vom Dud-i-Kuh, Rauch-Berg. Der Rauch war nicht schwarz, sondern weisslich, wie ein dichter, schwerer Wasserdampf. Tietze hat während seines längeren Aufenthaltes in Teheran und dessen Umgebungen, von wo aus der Demavend deutlich sichtbar ist, keine derartige Beobachtung gemacht. Sich auf die Angaben Kotschy's stützend, glaubt er jedoch, dass das Rauchen des Berges zweifellos ist und auf einer ab und zu lebendigeren vulkanischen Dampfentwickelung beruht. Da nun die vulkanische Thätigkeit des Berges sich auf dieses Rauchen beschränkt, stellt Tietze, wie schon Grewingk, den Demavend auf die Grenze zwischen den thätigen und erloschenen Vulkanen und nennt ihn eine Solfatara.

Sven Hedin ist es während 4 Monaten, in denen er täglich den Demavend sah, nicht gelungen, Dampf oder Rauch an demselben zu sehen. Er meint, es sei möglich, „dass die Dampfwolken, welche neuere Besteiger zu sehen glaubten, ganz einfach Wolkenbildungen in der Atmosphäre gewesen sind, die auf Schneeverdunstungen oder Kondensierung von Wasserdämpfen zurückzuführen sind. Und dass die Versicherungen der Eingeborenen über das Vorkommen vulkanischer Wolkenbildungen sich meistenteils auf nichts anderes als die oben angedeuteten Erscheinungen stützen, ist um so wahrscheinlicher, als sie stets, auch in den einfachsten Naturphänomenen, gern eine Offenbarung der übernatürlichen Kräfte sehen, von denen die alten Legenden erzählen. Dagegen ist es glaublich, dass die alten Schriftsteller, Ibn Haukal, Istachri, Sadick Isfahani und Hamd Allah, welche Rauchwolken erwähnen, die Wahrheit reden; denn vermutlich ist die Thätigkeit des Vulkanes in ihren Zeiten viel lebhafter gewesen als jetzt. Wie es sich auch mit dem Rauchen verhalten mag, wir können doch mit Tietze als entschieden sicher behaupten, dass die vulkanische Thätigkeit des Demavend im Abnehmen begriffen ist.“

Ausströmungen natürlicher Kohlensäure in Südpersien werden von H. Winklehner beschrieben[1]). Dieselben werden von den Anwohnern als „Windlöcher" bezeichnet. Die Kohlensäure strömt an drei vom Verf. beschriebenen Windlöchern mit deutlichem Geräusche aus Hohlräumen in mergeligen Kalken hervor, und schätzt Verf. ihre Menge auf täglich 170000 engl. Kubikfuss. Sie stehen mit früherer vulkanischer Thätigkeit in Verbindung.

Der Kilauea ist im April 1892 von S. E. Bishop besucht worden. Seit 1887, wo Verf. die nämliche Lokalität besichtigte, hat sich der Krater Halemaumau und sein Lavasee erheblich verändert. Verf. betont, was auch sonst schon bekannt ist, dass bei den Eruptionen auf Hawai kein oder nur wenig Wasserdampf entwickelt wird[2]).

6. Erdbeben.

Die Erdbebenerscheinungen der oberrheinischen Tiefebene und ihrer Umgebung sind von Dr. R. Langenbeck dargestellt worden[3]), und zwar hat derselbe eine möglichst vollständige Geschichte der dort aufgetretenen Erdbeben gegeben und das gewonnene Material wissenschaftlich diskutiert. Verf. kommt zu dem Ergebnisse, dass die oberrheinischen Erdbeben als Dislokationsbeben zu betrachten sind. „Erstens haben sich viele derselben trotz verhältnismässig geringer Stärke über sehr ausgedehnte Gebiete verbreitet, z. B. die Erdbeben von Gross-Gerau. Die meisten derselben richteten Schaden überhaupt nicht an, und selbst die stärksten Stösse vermochten nur in den dem Zentrum der Erschütterung nahe gelegenen Orten einige Schornsteine umzuwerfen und in einigen meist altersschwachen Gebäuden Risse und Spalten hervorzubringen. Trotzdem breiteten sich mehrere der Gross-Gerauer Erschütterungen über das ganze Grossherzogtum Hessen, die Pfalz und bedeutende Teile von Elsass, Baden, Württemberg und der Provinzen Hessen, Westfalen und Rheinprovinz aus. Das Erdbeben vom 12. Mai 1682, das allerdings zu den heftigsten in unserem Gebiete gehörte, da es in Remiremont mehr als 20 Häuser in Trümmer legte, aber in bezug auf seine Heftigkeit sich doch keineswegs mit Erdbeben, wie sie in den Tropen oder auch in den Alpen und Südeuropa auftreten, messen kann, verbreitete sich über das östliche Frankreich bis Paris, Orleans und in die Provence, über ganz Elsass, Baden, den grössten Teil der Schweiz und machte sich in Mitteldeutschland

---

[1]) Chem Centralbl. 1892. **2.** p. 750.
[2]) Silliman Journal (3) **44.** p. 207.
[3]) Gerland, Geographische Abhandlungen aus den Reichslanden Elsass-Lothringen 1. Heft. Stuttgart 1892.

bis nach Gotha hin fühlbar. Das Strassburger Erdbeben vom 3. August 1728, dessen grösste Wirkung darin bestand, einige nicht sehr erhebliche Beschädigungen am Strassburger Münster und an den Kehler Befestigungen anzurichten, wurde in der ganzen oberrheinischen Tiefebene von Frankfurt bis Basel und noch ausserhalb derselben in der Schweiz bis nach Genf, Bern und Zürich hin sehr lebhaft empfunden. Das Erdbeben vom 24. Januar 1880 endlich, das zerstörende Wirkungen überhaupt nicht ausübte, wurde trotzdem nicht nur in einem sehr grossen Teile der oberrheinischen Tiefebene und ihrer Randgebirge, sondern auch fast in ganz Württemberg wahrgenommen.

Geotektonische Erdbeben zeichnen sich nun im allgemeinen durch die Grösse ihres Verbreitungsgebietes, selbst bei verhältnismässig geringer Stärke, vor den vulkanischen Erdbeben aus. Es ist das durchaus in ihrer Natur begründet. Selbst eine nur geringe Verschiebung einer grossen Erdmasse wird naturgemäss weit ausgedehntere Erschütterungen veranlassen, als selbst ein ziemlich kräftiger vulkanischer Stoss.

Ferner spricht auch die Gestalt des Verbreitungsgebietes bei den meisten der oberrheinischen Erdbeben, bei denen dasselbe einigermassen genau festgestellt ist, durchaus für den Charakter derselben als Dislokationsbeben. Das Verbreitungsgebiet nähert sich nämlich nur in wenigen Fällen der Kreisform, vielmehr hat es meist die Gestalt einer gestreckten Ellipse, wie Verfasser im ersten Teile der Arbeit in zahlreichen Fällen nachzuweisen Gelegenheit hatte. Wir können also für diese Erdbeben nicht einen einzelnen Punkt als Zentrum annehmen, sondern müssen Erschütterungen längs einer Stosslinie voraussetzen, wie das bei Dislokationsbeben der Fall ist."

Was die räumliche Verteilung der Erdbeben anbelangt, so sind letztere über das betrachtete Gebiet keineswegs gleichmässig verteilt. Während einzelne Gegenden nur selten betroffen werden (z. B. die lothringische Hochebene), können andere als habituelle Schüttergebiete angesehen werden. Von letzteren unterscheidet Langenbeck das Schüttergebiet des Mainzer Beckens und Odenwaldes, das Strassburger Schüttergebiet und das des Kaiserstuhls, das Schüttergebiet der Südwest-Vogesen und das Baseler Gebiet.

Was die zeitliche Verteilung der Erdbeben anbelangt, so giebt Dr. Langenbeck über diese folgende lehrreiche Zusammenstellungen und Erläuterungen:

„Es verteilen sich die Erdbeben im Gebiete der oberrheinischen Tiefebene und seiner Umgebung auf die einzelnen Monate folgendermassen:

	9.-16. Jahrh.	17. Jahrh.	18. Jahrh.	19. Jahrh.	Gesamt.
Januar	10	11	8	48	77
Februar	9	10	7	47	73
März	9	3	8	35	55
April	6	4	6	13	29
Mai	3	8	21	24	56
Juni	1	1	4	8	14
Juli	4	4	3	21	32
August	2	4	6	11	23
September . . .	13	10	2	19	44
Oktober	6	7	3	39	55
November . . .	13	30	15	57	115
Dezember . . .	11	19	10	40	80
Gesamt	87	111	93	362	653

Dazu kommen noch 23 Erdbeben, von denen uns nur die Jahreszahl, aber nicht das Datum überliefert ist, so dass die Gesamtzahl der beobachteten Erdbeben 676 beträgt. Berechnen wir die Häufigkeit derselben in den einzelnen Monaten nach Prozenten, so ergeben sich folgende Zahlen:

	9 -10. Jahrh.	16. Jahrh.	18. Jahrh.	19. Jahrh.	Gesamt.
Januar	11.5	9 9	8.6	13 3	11.8
Februar	10.3	9.0	7.5	13.0	11.2
März	10.3	2.7	8.6	9.7	8.5
April	6.9	3.6	6.5	3.6	4.5
Mai	3.4	7.2	22.6	6.6	8.6
Juni	1.2	0.9	4.3	2.2	2.2
Juli	4.6	3.6	3.2	5 8	4.5
August	2.3	3.6	6.5	3.0	3.5
September . . .	15.0	9.0	2.1	5.2	6.8
Oktober	6 9	6.3	3.2	10.8	8.5
November . . .	15.0	27.0	16.1	15.8	17.6
Dezember . . .	12.6	17.1	10.8	11.1	12 3
Gesamt	100.0	99.9	100.0	100.1	100.0

Für die beiden Hauptschüttergebiete, das Basler und dasjenige des Mainzer Beckens und Odenwaldes und ebenso für Strassburg und die nächstbenachbarten Gebiete von Vogesen und Schwarzwald, hat Verfasser ausserdem die Verteilung der Erdbeben auf die einzelnen Monate nach Prozenten noch einmal gesondert berechnet und dafür folgende Zahlen gefunden:

	Basel	Mainz. Odenwald	Strassburg u. Umgeg.
Januar	9.5	11.2	15.0
Februar	11 3	14.8	8.5
März	7.7	7.0	4.3
April	5.2	2.8	6.4
Mai	6.0	7.0	8 5
Juni	1.8	1.2	2.1
Juli	4.4	4.3	6.4
August	6.0	2.8	6.4
September	11.3	2 5	19.0
Oktober	8.7	7.6	10.6
November	14.8	25.6	6 4
Dezember	13.4	13.3	6.4
Gesamt	100.1	100.1	100

Diese Tabellen beweisen zunächst ein bedeutendes Überwiegen der Erdbeben in dem Winterhalbjahre. Fassen wir die Zahlen für die 6 Monate Oktober bis März und dann für April bis September zusammen, so ergeben sich folgende Werte.

Winterhalbjahr:

9.—16. Jahrh.	17. Jahrh.	18. Jahrh.	19. Jahrh.	Basel.	Mainz-Odenwald.	Gesamt.
66.6	72.0	54.8	73.3	65.4	79.5	69.9

Sommerhalbjahr:

9.—16. Jahrh.	17. Jahrh.	18. Jahrh.	19. Jahrh.	Basel.	Mainz-Odenwald.	Gesamt.
33.4	27.3	45.2	26.8	34.7	20.6	32.1

Es fallen also im Durchschnitte etwas über zwei Drittel aller Erdbeben auf das Winter- und nicht ganz ein Drittel auf das Sommerhalbjahr. Auch für die einzelnen Jahrhunderte und für die beiden besonders hervorgehobenen Schüttergebiete ergeben sich ähnliche Verhältniszahlen, nur für Strassburg und den gegenüberliegenden Teil des Schwarzwaldes ist die Zahl der Sommer- und Wintererdbeben nahezu gleich. Eine Ausnahme macht ferner das 18. Jahrhundert. In diesem stören die sehr zahlreichen Karlsruher Erdbeben im Jahre 1737, über die wir gerade sehr eingehende Nachrichten besitzen, während die sonstigen Berichte aus diesem Jahrhunderte, wenigstens aus der ersten Hälfte desselben, verhältnismässig recht dürftig sind, das Verhältnis.

Betrachten wir nun die seismischen Monatskurven im einzelnen, und zwar zunächst diejenige, welche uns die Mittelwerte für sämtliche Erdbeben giebt, so finden wir das Hauptmaximum der Erdbebenhäufigkeit im November, dann sinkt die seismische Kurve beständig bis zu einem ersten Minimum im April, steigt dann sehr rasch zu dem

zweiten geringeren Maximum im Mai und sinkt dann sehr rapide zu dem stärksten Minimum im Juni. Von hier steigt sie erst langsam, von September an rascher zu dem Hauptmaximum im November an. Die Kurven für die einzelnen Jahrhunderte und Schüttergebiete stehen, abgesehen von der sehr abweichenden Strassburger, mit der mittleren Kurve im allgemeinen sehr wohl im Einklange; das Hauptminimum im Juni ist in allen Kurven sehr ausgeprägt, ebenso die beiden Maxima im Mai und November. Das Novembermaximum ist in allen Kurven mit Ausnahme derjenigen für das 18. Jahrhundert, wo das Maimaximum aus schon oben angegebenen Ursachen überwiegt, das bedeutendste. Auch das geringere Minimum im April tritt fast überall deutlich hervor. In einigen Kurven, so namentlich in denen für das 9.—16. und 17. Jahrhundert und in der für Basel, tritt ausserdem noch ein Septembermaximum auf (für Strassburg fällt in diesen Monat das Hauptmaximum), das aber auch in der Mittelkurve durch das im September beginnende stärkere Ansteigen derselben schon angedeutet ist."

Hier sieht man also, wie in allen anderen Zusammenstellungen, ein Überwiegen der Erdbeben in den Wintermonaten. Der Verfasser bemerkt dazu: „Falb und Perrey suchen diese Thatsache bekanntlich durch den Einfluss der Anziehung der Sonne auf das von ihnen angenommene glutflüssige Erdinnere zu erklären. Nachdem aber durch die mathematischen Untersuchungen Thomson's klargelegt ist, dass man von einem glutflüssigen Erdinnern, wenigstens in dem gewöhnlichen Sinne, nicht wohl sprechen kann, nachdem anderseits die engen Beziehungen der Erdbeben zum Gebirgsbau festgestellt worden sind, kann jenen Theorien eine Berechtigung nicht mehr zugestanden werden. Gleichwohl erscheint ein Einfluss der Sonnenstellung auf die Erdbebenhäufigkeit nicht vollständig ausgeschlossen. Wir wissen jetzt durch die von Rebeur mit seinem Horizontalpendel angestellten Beobachtungen, dass — wie allerdings theoretisch von vornherein vorauszusehen war — Sonne und Mond nicht nur in der Wasserhülle der Erde, sondern auch in der Erdfeste selbst Flutbewegungen, wenn auch von sehr geringen Beträgen, hervorrufen. Wäre es da so undenkbar, anzunehmen, dass diese wenn auch geringen Bewegungen im stande wären, schon vorhandene Spannungen im Felsgerüste der Erde zur Auslösung zu bringen? Wäre das aber der Fall, so müsste in der Zeit der Sonnennähe, wo die Fluthöhe eine grössere, auch die Zahl der Erdbeben eine bedeutendere als in der Zeit der Sonnenferne sein. Nach meiner Überzeugung werden allerdings einen weit grösseren Einfluss auf die Häufigkeit der Erdbeben die Luftdruckverhältnisse ausüben. Die Bewegungen, durch welche die Mehrzahl der Erdbeben hervorgerufen werden, sind im allgemeinen nach abwärts gerichtete, und für solche kann das Gewicht der Luftsäule, welche auf einer zum Absinken neigenden Scholle der Erdrinde ruht, sehr wohl von Bedeutung sein. Nun stammt die überwiegende Zahl aller der unseren Erdbebenstatistiken

zu Grunde gelegten Beobachtungen aus den kontinentalen Gebieten der Nordhalbkugel, wo in der Zeit von Oktober bis März im allgemeinen hoher Luftdruck herrscht. Es ist daher keineswegs undenkbar, dass dieser hohe Luftdruck die Veranlassung zu der grösseren Häufigkeit der Erdbeben im Winterhalbjahre der Nordhalbkugel ist. Wäre das der Fall, so müssten allerdings auf der Südhalbkugel die umgekehrten Verhältnisse herrschen; es müssten ferner in den ozeanischen Gebieten der Nordhalbkugel im Sommer, in denen der Südhalbkugel im Winter die Erdbeben eine grössere Häufigkeit zeigen. Die Statistik der Erdbeben der südlichen Hemisphäre und der Seebeben ist noch zu unvollständig, um auf dieselbe irgendwelche Theorien aufbauen zu können. Jedenfalls aber wäre es wünschenswert, bei der Betrachtung der Erdbeben in Zukunft auch die Luftdruckverhältnisse in Rechnung zu ziehen, und Verf. möchte auf diesen Punkt hiermit die Aufmerksamkeit der Seismologen hinlenken. Die Berücksichtigung der atmosphärischen Verhältnisse würde uns vielleicht auch eine Erklärung dafür geben, weshalb in einzelnen Schüttergebieten die Erdbebenhäufigkeit im Winter schärfer hervortritt, als in anderen. Für den Verlauf der seismischen Kurven im einzelnen die bestimmenden Ursachen aufsuchen zu wollen, erscheint leider zur Zeit noch völlig unmöglich."

Verf. macht auch auf gewisse Perioden erhöhter oder verminderter seismischer Thätigkeit aufmerksam. „Zwei grössere und ausgedehntere Erdbebenperioden haben in historischen Zeiten im Gebiete der oberrheinischen Tiefebene stattgefunden. Die erste fällt in die Jahre 1348—1372. Sie war der Intensität der Erdbeben nach unzweifelhaft die bedeutendste, übertraf aber, wie schon bei Besprechung des Baseler Schüttergebietes ausgeführt wurde, wahrscheinlich auch an Zahl der Erschütterungen alle anderen. Die Nachrichten über die in diesem Zeitraume aufgetretenen Erdbeben stammen meist aus Basel, Strassburg und Colmar, doch wird auch einiger Erdbeben in Frankfurt Erwähnung gethan. Die zweite bedeutendere Erdbebenperiode fällt in unser Jahrhundert, in die Jahre 1869—1874. Während der ersten beiden Jahre dieser Periode fanden fast nur im Mainzer Becken und Odenwald Erderschütterungen statt, hier jedoch in ausserordentlich grosser Anzahl. In den folgenden Jahren dagegen wurden auch die Bruchränder des Schwarzwaldes, das Strassburger und Baseler Schüttergebiet, in Mitleidenschaft versetzt. Vom Jahre 1875 an machte sich eine Abnahme der seismischen Thätigkeit bemerkbar, doch waren auch in den folgenden 12 Jahren Erdbeben im Gebiete des Oberrheines häufig. Eine dritte grössere Erdbebenperiode scheint in der zweiten Hälfte des 9. Jahrhunderts im nördlichen Teile unseres Gebietes angenommen werden zu müssen, doch sind begreiflicherweise die Nachrichten zu dürftig, um darüber etwas Bestimmtes aussagen zu können.

Die übrigen Erdbebenperioden waren von kurzer Dauer und auf einzelne Herde beschränkt. Die wichtigsten derselben sind:

1. In den Jahren 1576 und 1577 fanden im Baseler Schüttergebiete sehr zahlreiche Erdbeben statt, von denen sich mehrere auch im Elsass fühlbar machten. 2. Das Jahr 1650 ist durch eine aussergewöhnlich starke seismische Thätigkeit (40—50 Erdbebentage) im Baseler Schüttergebiete und gleichzeitig in dem von Hohensax im Kantone Zürich ausgezeichnet. Mehrere der Baseler Erschütterungen waren sehr heftig und breiteten sich weit über das Elsass hin aus. Auch im ganzen folgenden Jahrzehnte waren Erderschütterungen im Gebiete der oberrheinischen Tiefebene häufig, namentlich im Jahre 1661, mit dem dann diese Erdbebenperiode abschliesst. 3. Im ersten Jahrzehnte des 19. Jahrhundertes zeigt das Strassburger Schüttergebiet eine erhöhte Thätigkeit; insbesondere ist das Jahr 1802 ausgezeichnet, in welchem man in Strassburg zehn Erdbebentage zählte.

Dagegen treten als Perioden aussergewöhnlicher Erdruhe besonders folgende Zeiten hervor: 1. Die letzten Jahrzehnte des 14. und das erste des 15. Jahrhunderts, aus welchen gar keine Erdbebenberichte vorliegen. Auch während des ganzen übrigen 15. Jahrhunderts scheint die seismische Thätigkeit am Oberrheine nur gering gewesen zu sein. 2. Die ersten zwei Jahrzehnte des 18. Jahrhunderts; aus denselben liegen nur fünf Erdbebenberichte vor, aus den Jahren 1712—1719 kein einziger. 3. Die Jahre 1738—1754, aus denen nur von zwei leichten Erderschütterungen in Basel im Jahre 1743 berichtet wird. 4. Die Jahre 1856—1868, in welchen nur sechs meist ganz leichte und lokale Erdbeben beobachtet wurden. In die Jahre 1860—1868 fällt davon kein einziges."

Was endlich die Beziehung zu benachbarten Schüttergebieten anbetrifft, so ergiebt sich, dass die Zahl der „von auswärts in das Gebiet des Oberrheines fortgepflanzten Erdbeben verhältnismässig gering ist. Abgesehen von einigen Erdbeben der älteren Zeit, deren Ausgangspunkt sich auch nicht annähernd bestimmen lässt, und von denen es daher zweifelhaft bleibt, ob sie dem oberrheinischen Gebiete angehören oder von auswärts nach dort fortgepflanzt sind, finden sich nur 48 im Gebiete des Oberrheines wahrgenommene Erdbeben, deren Ausgangspunkt ausserhalb desselben lag. Die überwiegende Mehrzahl derselben, nämlich 29, stammen aus der Schweiz, 7 vom Niederrheine, 7 aus Schwaben, 5 aus entfernter gelegenen Gegenden (das Lissaboner Erdbeben vom 1. November 1755, eines aus Südfrankreich, drei aus den Ostalpen). Die aus der Schweiz herrührenden wurden natürlich vorzugsweise in dem südlichen Teile des Elsass empfunden, aber auch hier war ihre Verbreitung keine sehr ausgedehnte. Die ganz überwiegende Mehrzahl derselben wurde nur in der Umgebung von Basel, Belfort und der Bodenseegegend wahrgenommen. Einige andere breiteten sich auch über den südlichsten Teil des Schwarzwaldes und in der Rheinebene selbst bis in die Gegend von Mülhausen aus; die Vogesen dagegen wurden nur sehr selten von ihnen betroffen. Eine ausgedehntere Verbreitung über grössere Teile des Gebietes hatten nur folgende

Schweizer Erdbeben: 1. Das Vierwaldstätter Erdbeben vom 8. September 1601, das in Strassburg, Hagenau, Speyer, Frankfurt wahrgenommen wurde; 2. das Walliser Erdbeben vom 9. Dezember 1755, dessen Wirkungen sich bis Mannheim hin fühlbar machten; 3. das Altdorfer Erdbeben vom 10. November 1774, das bis Strassburg sich ausdehnte; 4. das Walliser Erdbeben vom 25. und 26. Juli 1855, das in der ganzen oberrheinischen Tiefebene, im Schwarzwalde, den Vogesen und in Lothringen, zum Teile sogar sehr stark empfunden wurde. Noch weit weniger ist das Gebiet von den niederrheinischen Erdbeben berührt worden."

Über das Erdbeben von Ischia am 28. Juli 1883 haben neuerdings L. Palmieri, A. Oglialoro und G. Guiscardi mehreres veröffentlicht[1]). Hiernach ist die Heftigkeit des Stosses, der in Neapel kaum noch zu spüren war, nur gering gewesen, und die grauenvolle Zerstörung der Ortschaften nur der unzweckmässigen und schlechten Bauart der Häuser zuzuschreiben. Die Erdbebenachse liegt exzentrisch zum Mte. Epomeo, erreichte die Oberfläche bei Casamicciola, weshalb auch mit geringen Ausnahmen die an den verschiedenen Punkten beobachteten Stossrichtungen gegen jenen Ort konvergieren. Die Linie der Haupterschütterung zieht sich nach Palmieri schraubenförmig am Mte. Epomeo hinauf. Da die nördlich von Casamicciola liegenden Fumarolen nach dem Beben eine etwas gesteigerte Thätigkeit zeigten, so ist die Ursache der Erschütterung jedenfalls im Vulkanismus zu suchen. Doch glaubt Palmieri nicht, dass diese in langen Zwischenräumen eintretenden Stösse als Vorboten eines Ausbruches aufzufassen sind. Guiscardi meint, es handle sich nur um Wasserdampfexplosionen im Inneren des Berges, was er der vielen Dampfquellen wegen für das Wahrscheinlichste hält. Von der Aufstellung mehrerer Seismographen auf der Insel behufs Ankündigung ähnlicher Beben und zur Abwendung vernichtender Katastrophen verspricht sich Palmieri bei der Häufigkeit schwacher Erdstösse auf ganz Ischia keinen rechten Nutzen. Dagegen würde vielleicht eine Beobachtung der Brunnen zweckmässig sein, da auch diesmal sowohl dicht vor dem Hauptstosse, als auch vor den späteren heftigeren Bewegungen einige Quellen und Thermen ausgeblieben sind[2]).

Die Erdbeben in Griechenland und der Türkei 1891 behandelt Dr. C. Mitzopulos[3]). Er findet, dass man Griechenland und Kleinasien in 9 Erdbebengebiete einteilen kann, die von einander fast unabhängig sind. Nur Attika und ein Teil des Ostpeloponnes sind Gebiete, deren Erschütterungen von anderwärts herüberkommen.

Über das grosse neapolitanische Erdbeben vom 21. Dezember 1857 macht W. Deecke auf Grund eigener geologischer Begehungen des damals betroffenen Gebietes und anderer späterer

---

[1]) Atti d. R. Accad. d. sc. fis e mat. di Napoli (2a). **1.** 1—28. 1888.
[2]) N. Jahrbuch f. Mineralogie 1892. **2.** p. 46.
[3]) Petermann's Mitt. 1892. p. 265.

Forschungen interessante Bemerkungen [1]). Bekanntlich ist jenes Erdbeben ein sehr verheerendes gewesen. Nicht nur, dass im engeren Schüttergebiete über 10000 Menschen erschlagen und verwundet, gegen 50 Ortschaften zerstört wurden, sondern dass die Bewegung sich über den ganzen festländischen Teil des damaligen Königreiches beider Sizilien erstreckte, d. h. von Rom bis nach Tarent und Gerace reichte, verschaffte ihm mit Recht den Namen des „Grossen neapolitanischen Bebens“. Um die Untersuchung dieser heftigen Erschütterung hat sich Mallet ein nicht zu leugnendes Verdienst erworben. In richtiger Erkenntnis, dass sich hier die beste Gelegenheit böte, die Wirkungen eines Erdbebenstosses im Grossen zu studieren, liess er sich von der Royal Society of London sofort in die geschädigten Gebiete entsenden und reiste in der Basilicata nahezu drei Monate von Ort zu Ort, um an den noch frischen Trümmerhaufen die verschiedenartigsten Messungen vorzunehmen. Dadurch gelang es ihm, in den Besitz eines so umfangreichen, genauen Beobachtungsmateriales zu gelangen, wie es bis dahin noch von keinem einzelnen Erdbeben vorgelegen hatte. Verarbeitet ist dasselbe in dem zweibändigen Werke: „Great Neapolitan Earthquake of 1857“, welches nicht nur für die Lehre von den Erdbeben von epochemachender Bedeutung war, sondern auch zahlreiche feine Beobachtungen und wertvolle Angaben über Land und Leute in der Basilicata enthält. Gestützt auf dieses Material leitete Mallet dann seine allbekannten Theorien über die Auffindung des Epizentrums und der Lage des wirklichen Zentrums, über die Berechnung der Geschwindigkeit, Gestalt und Ausdehnung der Erdbebenwellen ab. Dabei ergab sich, dass die Haupterschütterungszone eine langgestreckte Ellipse darstellte, deren grössere Achse in NW—SO-Richtung und dem Vallo di Diano annähernd parallel verlief, ferner, dass die Bewegung am heftigsten war am nordwestlichen Ende dieser Ellipse zwischen den Orten Balvano, Vietri und Auletta, so dass Mallet dort den Erdbebenherd annehmen durfte. Diesen sieht er in einer gebogenen, sehr schmalen Spalte in bedeutender Tiefe unter der Oberfläche und meint, „that the focal cavity, when at its full dimensions, was a curved fissure, whose height was three geographical miles, and length along its curve of contrary flexure was nine geographical miles, while its thickness, or third dimension, between wall and wall, was probably very small, but is uncertain.“ Als Ursache des Stosses wird das Eindringen sehr heisser und hochgespannter Dämpfe in einen kleineren, bereits vorhandenen Hohlraum und die dadurch bewirkte Erweiterung desselben zu der oben geschilderten Spalte bezeichnet, und der dabei vom Dampfe auf die Wandungen ausgeübte Druck aus der Tiefe des Zentrums und der entsprechenden intratellurischen Wärmestoffe auf ein Maximum von 640528 Millionen Tons berechnet. Wie man sieht, fasste Mallet dieses Beben nur als eine Äusserung

[1]) Neues Jahrbuch für Mineralogie 1892. **2.** p. 108.

vulkanischer, tief unter der Oberfläche wirksamer Kräfte auf, und erst daraus wird uns eigentlich verständlich, warum er im zweiten Bande seines Werkes sich so besondere Mühe giebt, die elliptische Gestalt der inneren Erschütterungszone und die vollständigere Fortpflanzung der Bewegung in der Richtung des einen dem Vallo di Diano parallelen Radius zu erklären. Dass diese Erscheinung mit dem Gebirgsbaue in einer gewissen Beziehung steht, konnte ihm natürlich nicht entgehen; doch glaubte er die Verschiedenheit der Geschwindigkeit parallel und senkrecht der Ketten allein auf die verschiedene Elastizität der Gesteine in beiden Richtungen und eine Brechung der Stossstrahlen zurückführen zu können.

Einen anderen Standpunkt nahm Suess ein, welcher gelegentlich seiner Studien über die Erdbeben des südlichen Italiens sich dahin äusserte, dass die häufigen Erdbeben der Basilicata wahrscheinlich mit einem Bruchsysteme zusammenhingen. Aus der vielfachen N—S-Richtung der Stösse bei Potenza und Tito einerseits und aus der ebenso orientierten seismischen Linie Orsomaro-Lagonegro-Marsico Nuovo anderseits wird auf mehrere parallele Verwerfungen geschlossen, welche das Gebirge der Basilicata von Norden nach Süden, also schief zur Streichlinie der Ketten, durchsetzen und vom Vulture zu dem nördlichen Aste der Liparen verlaufen sollen. Auch meint Suess, dass die Mallet'sche Spalte des Bebens von 1857 ungefähr dieselbe Richtung innehalte und mit zu diesem Bruchsysteme gehöre."

Deecke kommt zu dem Ergebnisse, dass das Erdbeben von 1857 (und ebenso die 1561 in der nordwestlichen Basilicata verspürte heftige Erschütterung) im Gebirgsbaue ihre Veranlassung haben und mit den dort herrschenden Grabensenkungen und Staffelbrüchen in ursächlichem Zusammenhange stehen. „Von dem Vulkanismus, speziell vom Mte. Vulture, sind sie unabhängig. Es sind Spaltenbeben mit teils linearer Fortpflanzung, teils transversal sich ausbreitenden Erschütterungen, welche meist an einem Punkte beginnen und sich je nach den augenblicklich vorhandenen und zur Auslösung reifen Spannungen sehr verschieden ausdehnen. Es sind also äusserst komplizierte Erscheinungen, deren Verlauf und Entstehung nur aus dem Baue des Gebirges und nur bei genauester Kenntnis desselben zu erklären sein werden."

Die norwegischen Erdbeben in den Jahren 1887—1890 hat J. Chr. Thomassen in bezug auf die jährliche Verteilung untersucht[1]). Es sind im ganzen 106 Erschütterungen aufgezeichnet worden, die sich in folgender Weise auf die Monate verteilen:

Januar	18	Juli	5
Februar	9	August	5
März	7	September	10
April	16	Oktober	8
Mai	6	November	8
Juni	4	Dezember	10

[1]) Bergens Museums Aarsberetning 1890. Nr. 3. p. 56.

Was die tägliche Verteilung anbelangt, so entfallen von 101 Erdbeben 65 auf die Zeit von 6 Uhr abends bis 6 Uhr morgens und nur 36 auf die Tagesstunden von 6 Uhr früh bis 6 Uhr abends.

Die Verteilung der Erdbeben auf die Jahreszeiten ist von Montessus dargestellt worden[1]). Derselbe hat ein Verzeichnis von 60 000 Erdstössen zusammengebracht und kommt gemäss diesem zu dem Resultate, dass ein Zusammenhang der Häufigkeit mit den Jahreszeiten (Maximum im Winter, Minimum im Sommer) nicht bestehe. Diese Ansicht wird zunächst wohl nur wenig Beifall finden.

Die Perioden der Erdbeben in Japan 1885—1889[2]). Die Zusammenstellung der 5-jährigen Beobachtungen giebt folgende Verteilung auf die Monate:

Zahl der Erdbeben in Japan 1885—1889.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahresmittel
1885	32	44	37	37	51	46	32	30	45	41	47	40	40.2
1886	38	39	49	38	58	30	36	46	41	33	22	42	39.3
1887	41	58	30	29	60	38	38	35	43	20	35	56	40.2
1888	53	77	46	42	69	40	40	34	42	47	85	55	52 5
1889	53	57	63	67	60	39	65	192	79	103	82	72	77.5
Mittel	43.4	55.0	45.0	42.6	59.6	38.6	42.2	67.4	50.0	48.8	54.2	53.0	50.0

Ein ausgesprochener täglicher Gang ist aus den fünfjährigen Beobachtungen noch nicht zu konstatieren. Die Stundenmittel sind:

	h 12—1	h 1—2	h 2—3	h 3—4	h 4—5	h 5—6	h 6—7	h 7—8	h 8—9	h 9—10	h 10—11	h 11—12
Vm.	19.8	24.2	32.8	28.0	21.4	26.8	24.6	25.2	24.6	23.8	20.8	24.2
Nm.	24.2	29.0	29.0	24.4	22.2	20.6	21.4	24.0	24.2	28.2	29.8	26.2

Nimmt man je drei Stundenintervalle zusammen, so erhält man folgende Zahlenreihe, mit Mitternacht beginnend:

76.8, 76.2, 74.4, 68.8, 72.2, 67.2*, 69.6, 74.2.

Auf die vier sechsstündigen Perioden, mit Mitternacht beginnend, entfallen folgende Frequenzzahlen:

153.0, 143.2, 139.4, 143.8.

In diesen Zahlen scheint ein täglicher Gang zum Ausdrucke zu kommen. Auf die sechs Stunden Mitternacht bis 6^a entfallen 153 Erdbeben, auf die sechs Stunden Mittag bis 6^p nur 139. Auf die Nachthälfte des Tages entfallen 296.8 Erdbeben, auf die Taghälfte bloss 282.6.

Untersuchungen über den Einfluss von Erdbeben auf die magnetischen Elemente der betroffenen Gegend haben Dr. Tanakadate und H. Nagoaka bezüglich des Erdbebens von Gifu

[1]) Compt. rend. 1891. **112.** p. 500.
[2]) Transactions of the Seismological Society of Japan **16.**

und Nagoya in Japan angestellt [1]. Dieses Erdbeben fand am 28. Oktober 1891 statt, und einige Monate später haben die oben Genannten eine magnetische Aufnahme der betroffenen Gegend ausgeführt, die beim Vergleiche mit der offiziellen Aufnahme von 1887 Aufschluss über den etwaigen Einfluss des Erdbebens geben sollte. Vergleicht man die Mittelwerte der einzelnen Elemente mit den Mittelwerten von 1887, so zeigt sich für die Deklination eine Abnahme, welche in den einzelnen Stationen zwischen 0.1′ und 6.9′ liegt; die Deklination ergiebt für drei Stationen eine Zunahme und für drei eine Abnahme (die Differenzen liegen zwischen 2.11′ und 6.66′; die Horizontalintensität ist an allen sechs Stationen grösser geworden, ebenso die Totalintensität. Magnetische Störungen waren während der Aufnahmen nicht aufgetreten, wenigstens keine ernsteren. Zweimal wurde, während gerade die Deklination beobachtet wurde, ein Stoss gefühlt; der eine schwächere war von dem gewöhnlichen Geräusche begleitet, und beide Male wurde eine starke Abnahme der Deklination beobachtet, welche aber bald dem gewöhnlichen Verlaufe Platz machte. Um die alle Elemente betreffende Änderung klarer zur Anschauung zu bringen, wurden aus den älteren und den jetzigen Beobachtungen die isomagnetischen Linien für die Gegend gezogen und für die einzelnen Elemente Karten entworfen, welche wenigstens mit ziemlicher Annäherung das magnetische Verhalten der Gegend charakterisieren. Es ergiebt sich aus diesen Karten, dass im allgemeinen die Änderung darin bestand, dass die Linien gleichmässiger wurden, als sie es früher waren; dies zeigt sich namentlich in Nagoya, wo die lokale Abweichung sehr stark vermindert erscheint. Am auffallendsten ist die Änderung bezüglich der Linien gleicher Horizontalintensität, welche nach der früheren Aufnahme hier von ihrem allgemeinen Verlaufe bedeutend abgelenkt waren, und nun nach der neuen viel gleichmässiger geworden sind. Endlich hatte sich früher ein Minimum der Totalintensität bei Nagoya gezeigt, während jetzt die Linie gleicher Totalintensität hier nur eine schwache Biegung aufweist. Freilich darf man, ohne Kenntnis der säkularen Änderung der Elemente, die beobachteten Verschiedenheiten nicht dem Erdbeben allein zuschreiben, aber zweifellos hat dasselbe einen Einfluss gehabt, wie der blosse Anblick der Karten deutlich zeigt. Es fragt sich aber, ob die Änderungen des magnetischen Zustandes plötzlich durch das Erdbeben hervorgebracht sind oder ganz oder teilweise schon vorher stattgefunden haben. Die Thatsache, dass die Horizontalintensität die grösste Störung erfahren hat, scheint darauf hinzuweisen, dass diese Störung, wenn eine solche überhaupt vorliegt, nicht in grosser Tiefe ihren Sitz haben kann, und die Kleinheit der Störung aller anderen Elemente würde dies nur bestätigen [2].

---

[1]) Journal of the College of Science Imper. Univers. Japan **5.** Part. II. p. 149.

[2]) Naturw. Rundschau 1892. p. 591.

Die Schallerscheinungen bei Erdbeben sind bis jetzt noch wenig studiert worden. Neuerdings hat nun Ch. Davison eine Zusammenstellung und kritische Behandlung der verschiedenen Geräusche bei Erderschütterungen gegeben[1]), die sehr lehrreich ist. Die Art des Geräusches wird durch alle Worte bezeichnet, welche überhaupt vorhanden sind, um Schallphänomene dieser Art auszudrücken. Im allgemeinen ergab sich, dass das Geräusch tiefer wird, wenn es an Stärke zunimmt. Die von Milne in Japan und von Mallet gegebenen Zusammenstellungen lassen erkennen, dass die Schallerscheinungen häufiger den Stössen vorangehen als ihnen folgen. Meist treten die Geräusche zuerst schwach auf, erreichen successive ein Maximum der Intensität, und nehmen dann wieder ab. Die stärksten Stösse werden durchschnittlich gleichzeitig mit den lautesten Schallerscheinungen zugleich empfunden. Bezüglich der räumlichen Ausbreitung der Geräusche im Gebiete eines Erdbebens ist zu bemerken, dass die Art derselben an den verschiedenen Punkten eine verschiedene ist. Die Ausdehnung des Geräuschgebietes ist übrigens von der des Erschütterungsgebietes in dem Grade unabhängig, dass selbst die extremsten Fälle zur Beobachtung gelangen, nämlich Geräusche ohne Erschütterungen und Erschütterungen ohne Geräusche. Der erstere Fall, unterirdische Geräusche ohne gleichzeitiges Erdbeben, kommt namentlich in solchen Gegenden vor, wo man oft leichte Stösse verspürt. Selbst die Zentren der beiden Phänomene fallen nicht zusammen; sehr auffallend zeigte sich dies in den vom Verfasser eingehender studierten Erdbeben Englands im Jahre 1889. Das Edinburger Erdbeben vom 18. Januar 1889 führte ganz besonders zu dem Ergebnisse, dass die Schallschwingungen vorzugsweise von einem Teile des Herdes herkamen, welcher der Oberfläche näher gelegen war, als der Ursprungspunkt der stärkeren Schwingungen, welche den Stoss bedingten. Zu dem gleichen Ergebnisse hat auch die Diskussion der Erscheinungen des Erdbebens von Lancashire am 10. Februar 1889 geführt. Auf Grund seiner reichen, in Japan gesammelten Erfahrungen hatte Milne den Nachweis geführt, dass jedes Erdbeben gewöhnlich mit einer Reihe sehr kleiner und sehr schneller Erzitterungen beginnt, dass diese dann ohne Unterbrechung langsamer werden, in die wahrnehmbaren Schwingungen grösserer Amplitude übergehen und schliesslich mit Schwingungen geringerer Amplitude, aber sehr grosser Periode enden. Anfangs kommen etwa 6 bis 8 Schwingungen auf die Sekunde, dann, nachdem die Amplitude grösser geworden, 3 bis 5, und wenn die Periode auf 1 bis 2 in der Sekunde gesunken, so veranlassen sie in der Regel den Hauptstoss; schliesslich werden die Schwingungen so selten, dass sie am Seismograph sich nicht zur unmittelbaren Anschauung bringen lassen. Milne nimmt nun an, dass die ersten aufgezeichneten, schnellsten, kleinen Erzitterungen nicht der Anfang der Bewegung sind, sondern

[1]) Geological Magazine 1892. **9.** p. 208.

dass ihnen noch schnellere und kleinere voranzugehen pflegen, die am Instrumente sich nicht markieren können, und diese schnellsten Schwingungen, mit denen das Erdbeben beginnt, sind nach Milne die Ursache der Erdbebengeräusche. Davison acceptiert diese Erklärung und führt des weiteren aus, wie diese Schwingungen entstehen, und wie sich die beobachteten Verschiedenheiten der Erdbebengeräusche nach dieser Annahme deuten lassen. Die meisten nichtvulkanischen Erdbeben entstehen wohl durch Reibung von an einander gleitenden Gesteinsflächen eines Spaltes. Dieser seismische Herd, oder die Gleitfläche, kann sehr beträchtliche Dimensionen haben, zuweilen 50 engl. Meilen oder mehr in die Länge. Die Intensität eines Stosses hängt aber nicht sowohl von der Ausdehnung der Gleitfläche, als von der maximalen Grösse und kurzen Dauer des Gleitens ab. Nun ist aber die Grösse des Gleitens in dem Gleitgebiete eine sehr verschiedene; sie muss am bedeutendsten sein in einer bestimmten zentralen Region und nach den Rändern des Erdbebenherdes allmählich auf Null sinken; da übrigens die Flächen eines Spaltes nicht glatte Ebenen sind, wird es sicherlich mehrere solcher Gebiete grössten Gleitens geben. Die Schwingungsperiode steht in inniger Beziehung zur Schwingungsamplitude, und weil diese mit der Grösse des Gleitens im Zusammenhange steht, werden von allen Stellen der Gleitflächen Schwingungen ausgehen, welche nicht allein nach ihrer Amplitude, sondern auch nach ihrer Periode verschieden sein werden; längs der Ränder der Gleitfläche, wo das Gleiten erlischt, werden diese Schwingungen klein genug und daher häufig genug sein, um Schall zu erzeugen. Somit werden die Schallerscheinungen, welche die Erdbeben begleiten, hervorgebracht von den kleinsten Vibrationen, die vorzugsweise von den oberen und seitlichen Rändern der Gleitfläche herkommen. Aus dieser Erklärung für die Entstehung der Erdbebengeräusche lassen sich alle erwähnten Eigentümlichkeiten derselben verstehen. Dass die Ausdehnung des Schallgebietes unabhängig ist von der des erschütterten Gebietes, dass beide nicht konzentrisch sind, vielmehr das Zentrum des ersteren näher der Oberfläche liegt, dass der Anfang des Geräusches gewöhnlich dem der Stösse vorangeht, — diese und einige andere Erscheinungen bieten für ihre Deutung keine Schwierigkeiten mehr. Weitere Beobachtungen müssen das Material für eingehendere Prüfung dieser Erklärung liefern.[1])

Vergleichende Erdbebenmessungen in einem Brunnen und an der Oberfläche der Erde.[2]) In vielen Berichten über Erdbeben findet man die Angabe, dass in tiefen Gruben oder Höhlen nur verhältnismässig kleine oder gar keine Bewegungen wahrgenommen werden, während an der Oberfläche grosse Verheerungen

[1]) Naturw. Rundschau 1892. Nr 30. p. 380.
[2]) Journal of the College of Science Imp. Univers. Japan 1891. 4. Part. II. p. 249.

stattgefunden haben, und allgemein scheint die Ansicht verbreitet, dass die Erdbebenstösse in Bergwerken weniger stark seien. Messungen über das Verhältnis der Stösse an der Oberfläche und in Bergwerken sind aber bisher noch nicht gemacht, obwohl diese Frage kein geringes Interesse besitzt. Nur Milne in Tokio hat in einem Berichte über die Erderschütterungen in den Jahren 1884—1885 Beobachtungen mitgeteilt, die er in einem 10 Fuss tiefen Brunnen, dessen Boden trocken war und aus festem Erdreiche bestand, gemacht hat. Er hatte gefunden, dass bei drei ziemlich heftigen Erdbeben die grössten Geschwindigkeiten, Amplituden und Beschleunigungen im Brunnen sich zu den an der Oberfläche beobachteten verhalten haben wie resp. 1 : 34, 1 : 52 und 1 : 82; hingegen waren bei schwachen Erdbeben die Aufzeichnungen der Erderschütterungen im Brunnen nicht sehr verschieden gewesen von denen an der Oberfläche.

Sekiya und Omori haben nun der Ermittelung dieser Verhältnisse eine besondere Studie zugewendet und in den Jahren 1888—1890 an der Universität Hongo, Tokio, Beobachtungen in einem harten Alluvialboden angestellt. Nur wenige Yards vom seismologischen Observatorium entfernt, befand sich ein 18 Fuss tiefer Brunnen, dessen Boden etwa 2 Fuss dick mit Ziegeln ausgemauert war. Zunächst wurden nur die horizontalen Bewegungen des Bodens berücksichtigt; ihre Aufzeichnung geschah an beiden Orten mit Ewing's Horizontalpendel-Seismographen, die möglichst ähnlich gewählt worden waren. Aus den Aufzeichnungen der Instrumente wurden die Zahl der Wellen in 10 Sekunden, die Amplituden, die Dauer der ganzen Perioden, die grössten Geschwindigkeiten und die grössten Beschleunigungen berechnet. Im ganzen konnten 30 Erdbeben zu diesen vergleichenden Messungen verwertet werden, von denen einige ziemlich stark, die meisten nur mässig und schwach gewesen sind. Die Beobachtungen sind in Tabellen, einzelne auch durch Abbildungen der Originalaufzeichnungen wiedergegeben.

Werden die Mittelwerte der schwachen Erdbeben, wie sie täglich in Japan vorkommen, zusammengestellt, so sieht man, dass die Amplituden und die Perioden im ganzen an der freien Oberfläche nahezu dieselben sind wie im Brunnen, gleichwohl ist an der Oberfläche eine etwas stärkere Bewegung zu bemerken (was schon Milne früher beobachtet hat). Auch die ganz schwachen Erdbeben, von denen man keine deutlichen Aufzeichnungen erhalten konnte, zeigten, dass immer, wenn die Bodenbewegung an der Oberfläche schwach ist, auch im Brunnen nur schwache Bewegungen auftreten. Die Anzahl der Wellchen in 10 Sekunden ist aber stets an der Oberfläche grösser als im Brunnen, wo die Zeichnung glatter ist als oben.

Bei den heftigen Erdbeben sind die grossen Bodenschwankungen an der Oberfläche ein wenig grösser als im Brunnen, während zwischen den grössten Geschwindigkeiten und den grössten Beschleunigungen in den beiden Beobachtungsreihen kein grosser Unterschied sich zeigt. Dies scheint daher zu kommen, dass mit

der etwas grösseren Amplitude an der Oberfläche auch die Periode etwas grösser wird. Anders verhalten sich aber die auf den grossen Wellen aufsitzenden kleinen Rippen, für welche der Unterschied zwischen dem Brunnen und der Oberfläche ganz entschieden auftritt: die mittlere Grösse der horizontalen Bewegung ist im Brunnen nur halb so gross wie an der Oberfläche, und die Periode scheint grösser zu sein wie hier, was daher rührt, dass sehr viele kleine Wellen im Brunnen verschwinden. Die grössten Geschwindigkeiten und die grössten Beschleunigungen an der Oberfläche sind bezw. drei- und fünfmal grösser als im Brunnen.

Aus diesen Beobachtungen kommt man somit zu dem Schlusse, dass bei schwachen Erdbeben kein wesentlicher Unterschied zwischen der Oberfläche und der Tiefe existiert; dass bei heftigen Erdbeben für die Hauptschwankungen ein solcher Unterschied zwar vorhanden sein mag, aber nicht sehr ausgesprochen ist; dass hingegen für die kleinen, schnellen Erzitterungen des Bodens der Unterschied bedeutend ist. Dieses Abschwächen der kleinen Bodenerzitterungen in der Tiefe mag hinreichen, um bei heftigen Erdbeben die zerstörende Wirkung in tiefen Gruben zu mildern.

Hierbei darf jedoch nicht ausser Acht gelassen werden, dass die Beschaffenheit des Bodens sicherlich nicht ohne Einfluss auf die hier besprochenen Verhältnisse sein wird. Die vorstehenden Beobachtungen sind, wie erwähnt, in einem festen Erdreiche gemacht; die Möglichkeit ist daher nicht ausgeschlossen, dass loser Boden sich wesentlich anders verhält: nach dieser Richtung müssen die vorstehenden Versuche noch ergänzt werden. Ferner bedürfen sie einer Ergänzung bezüglich der vertikalen Bodenschwankungen. Die Verfasser haben die Absicht, diese Untersuchung fortzusetzen und nach den angedeuteten Richtungen zu erweitern[1]).

7. Inseln, Strandverschiebungen, Korallenriffe.

Die Halligen der Nordsee bilden den Gegenstand einer vortrefflichen Monographie von Dr. E. Traeger[2]). Verf. nimmt an, dass vor Entstehung der Strasse von Calais sich eine Dünenkette von der Nordspitze Jütlands bis zu dem alten britannisch-gallischen Isthmus hinzog. Wasser und Sturm lösten nach und nach diese Dünenkette in eine Reihe von Inseln auf. Die Gewässer, welche von dem Landrücken Jütlands der Nordsee zuflossen, fanden nicht überall freien Abfluss nach dem Meere, die Dünen lagerten sich an den Küsten vor, die Wasser stagnierten, so dass Sümpfe und Moore entstanden. Eine reiche Pflanzen- und Tierwelt belebte diese Niede-

[1]) Naturw. Rundschau 1892 Nr. 9. p. 112.

[2]) Forschungen zur deutschen Landes- und Volkskunde. 6. 3. Stuttgart 1892.

rungen, die den Etangs an der West- und Südküste Frankreichs nicht unähnlich gewesen sein werden. Durch die Durchbruchsstellen drang das Meer in diese Sümpfe ein, namentlich bei den oft wiederholten Sturmfluten, und änderte durch solche Überschwemmungen und deren Folgen die Lebensbedingungen für die dortigen Pflanzen und Tiere: aus seinen Fluten setzte sich ein feiner fruchtbarer Schlamm ab, die Grundlage des für die Nordseegestade so charakteristischen Marschbodens. Noch heute lassen sich, nach Traeger, vier älteste Wege erkennen, auf denen das Meer nach Durchströmung der Dünen ins Land eindrang: 1. die nördlich vom jetzigen Sylt eindringende Lister Tiefe, zugleich als Abfluss der bei Hoyer mündenden Wiedau; 2. die Hörnumtiefe im Süden zwischen Sylt und Föhr-Amrum; 3. die Schmaltiefe im Süden von Amrum mit den beiden jüngeren Zweigen der Norderaue zwischen Föhr und Langeness und der Süderaue zwischen Langeness und Hooge; 4. die Hever zwischen Eiderstedt und Pellworm-Nordstrand, zugleich als Ausfluss der Husumer Aue. Die heutige Norderhever ist ebenfalls eine Vertiefung aus jüngerer Zeit. Das Marschland und die Marschinseln waren allmählich über das normale Flutniveau gewachsen, auf künstlich aufgeworfenen Erdhügeln hausten ihre germanischen Bewohner. Je mehr aber das Meer seine Strombahnen erweiterte und vertiefte, desto gefährlicher wurde es für die Gebilde, die es selbst angeschwemmt hatte: die bei den Sturmfluten hineingejagten Wassermassen schwemmten den Marschboden hinweg und nagten an den Werfthügeln der Inseln. So steht der Kampf noch heute, nachdem er wohl 2000 Jahre schon gedauert: der Neid der Elemente zwang Scharen von Einwohnern, die unsichere Scholle zu verlassen, nachdem Hunderte und Tausende ein Opfer der Fluten geworden waren. Verliessen doch wahrscheinlich die Zimbern infolge einer solchen Sturmflut, die Plinius horrendum gravissimumque oceani diluvium nennt, im Jahre 113 vor Chr. die jütische Küste, um mit den Teutonen freundlichere Gegenden aufzusuchen. Mehr als 200 grosse Sturmfluten sind in historischer Zeit über die unglücklichen Eilande hereingebrochen.

Traeger versteht unter einer Hallig einen insularen Rest des in geschichtlicher Zeit durch Sturmfluten, Eisgang und Gezeitenströmungen zerrissenen Landes, welches das Meer ehedem in den Sümpfen hinter den Dünen der jütischen Nordseeküste in horizontalen Schichten abgelagert hatte. Zur Zeit existieren noch elf Halligen, von denen zwei, Pohnshallig und Hamburger Hallig, in neuerer Zeit durch Dämme mit dem Festlande verbunden worden sind und dadurch ihre Inselnatur verloren haben. Aus der zur Flutzeit überschwemmten, während der Ebbe trockenen Wattenebene erhebt sich die Hallig mit $^1/_2$ bis $1^1/_2$ *m* hohen zerklüfteten Wänden, der Boden besteht aus feinem, sandfreiem Thone oder Lehme und erhält durch zahlreiche darin eingelagerte Muschelreste einen gewissen Zusatz von Kalk. Auf ihm gedeiht das Halliggras, Poa maritima und laxa, dazwischen

weissblühender Klee und Sude (Plantago maritima), die hin und wieder als Gemüse genossen wird. Ausser Gräben, welche systematisch die Inseln entwässern, wird der grüne Plan noch von rundlichen flachen Vertiefungen unterbrochen, die zur Zeit anhaltender Dürre wasserleer werden; es mögen ehemalige Bodensenkungen sein, die nicht rechtzeitig entwässert worden sind. Mancherlei verunstaltet sonst noch die Schönheit der Grasdecke, graue Stellen, von denen der Rasen zur Befestigung der Dächer ausgehoben wurde, Muschel- und Sandbänke, zahlreiche Unkräuter, namentlich auf Nordstrandisch-Moor, endlich, zumal auf der Insel Hooge, auch Ameisenhaufen. Trotz der Überschwemmungen, welche die Halligen heimsuchen, sind diese Insekten in der Tiefe ihrer Bauten sicher, da das Wasser in den fetten lehmigen Boden während der Dauer einer Überschwemmung nur wenig tief eindringt. „Aber trotz aller Mängel und Schäden ihrer Grasflur gewährt eine Hallig einen reizenden Anblick. Wie eine freundliche Oase liegt sie in der Wasserwüste oder in der öden, grauen Umgebung ihrer Wattengefilde, namentlich im Frühjahre ein liebliches Idyll von höchster Anspruchslosigkeit. Glücklicher Friede ruht auf ihren grünen Watten, auf denen sich die Herden tummeln, und gesellig sich an einander schmiegend erheben sich die einfachen sauberen Häuser auf den gartengeschmückten Werften, die den ebenen Plan überragen.

Die eigentümlichste Bildung im Gebiete der Halligen sind die Watten, ein amphibisches Gebiet im Bereiche der Meeresküsten. Auf dem fetten Thone des Untergrundes, dem Klei, setzt sich eine weiche Schicht, der Schlick, ab. Je weiter von der offenen See und den starken Strömen entfernt, desto schlammiger und weicher, je mehr ihrer unmittelbaren Einwirkung ausgesetzt, desto sandiger und fester sind im allgemeinen die Watten. Die Sedimente, welche sich aus dem Meere ablagern, kommen hier aber nicht zur Ruhe, bei der geringen Tiefe desselben wühlt jeder Sturm den Boden wieder auf. Der schwerere Sand setzt sich am ersten ab, er hat die Düneninseln und die grossen Aussensande an der Grenze der Watten und des ständigen Wassers aufgebaut; der leichtere Schlamm kommt in den Watten selbst zur Ablagerung. Je nach dem Vorwiegen von Schlamm oder Sand unterscheidet man die weicheren Schlammwatten und die mit festem Sandschlicke bedeckten Sandwatten.

Die Watten liegen nie völlig trocken, immer sind Rinnsale vorhanden, durch welche das Wasser abfliesst; diese vereinigen sich zu flachen Gräben, es entstehen weiter die grösseren Priele und endlich die Tiefen, in welchen der beständige Wechsel von Ebbe- und Flutwasser stattfindet. Es ist nicht notwendig, dass die Festlandsflüsse sich in diesen Tiefen fortsetzen. Die Tiefe und Lage der Tiefen ändert sich mit den Jahren. Für die Schiffahrt ist ihre Kenntnis unerlässlich. Was auf dem Festlande die Chausseen und Feldwege, bedeuten hier die Tiefe und Priele[1]).

[1]) Vgl. Natur 1892. p. 365.

Die Insel Linosa wird von G. Trabucco als ganz vulkanisch geschildert[1]). Mehrere Krater sind daselbst noch zu erkennen. Die Küste ist niedrig und der höchste Punkt der Insel (Monte Vulcano) erreicht 195 *m*.

Die Insel Lampedusa ist von G. Trabucca geophysikalisch (und geologisch) beschrieben worden[2]). Diese Insel, die grösste der Pelagischen Inseln, liegt zwischen Sizilien und Afrika und hat einen Flächeninhalt von 32 *qkm*. Ihre höchste Erhebung, der Albero Sole, erreicht 133 *m*. Vulkanische Gesteine werden auf ihr nicht gefunden. Die Meerestiefe gegen Malta und Sizilien hin beträgt etwa 1000 *m*, in der Richtung der tunesischen Küste dagegen nur 200 *m*. Der Verf. kommt zu dem Ergebnisse, dass diese Insel (ebenso wie Lampione) geologisch und geographisch zu Afrika gehört, und dass der nördliche Küstenstrich Afrikas bei Schluss der Miocänzeit wohl mit der heutigen 200-Fadenlinie zusammenfiel.

Die Caymaninseln in Westindien. In Goldthwaite Geographical Magazine vom Juli 1892 macht Allan Eric eine Mitteilung über diese selten besuchten Inseln. Die Küsten sind zum Teile steil und felsig, aber keine Erhebung auf den drei Inseln der Gruppe beträgt mehr als 45 *m* über dem Meere. Zwischen den Korallenriffen, welche die östliche und einen Teil der nördlichen Küste von Grand Cayman umsäumen, giebt es viele gute und tiefe Häfen, aber die Einfahrten sind zu eng, um andere Schiffe als Küstenfahrer hineinzulassen. Die Inseln sind gut bewaldet mit Mahagony, Blauholz, Gelbholz etc. und von einer reichen Vogelwelt belebt. Pferde und Rinder werden auf den üppigen Weiden in genügender Zahl für das Bedürfnis der Einwohner gezogen, und das umgebende Meer enthält Fische vieler Arten. Nahe von Bodden-Town auf Gross-Cayman findet sich ein merkwürdiges Loch von 18 *m* Tiefe, welches durch eine enge Öffnung in eine Tropfsteinhöhle mit vielen grossen Kammern führt. Eine noch grössere Merkwürdigkeit ist eine natürliche Zisterne am Ostende der Insel, welche mit klarem Quellwasser gefüllt ist. Sie ist 21 *m* lang, 15 *m* breit und 12 *m* tief und liegt in einem Felsen von dichtem Quarzgesteine (solid flint rock). Es wird behauptet, dass dieses Wasser bei Annäherung eines Sturmes ein trübes, milchiges Aussehen bekomme und einen unangenehmen Geruch ausströme. Grand-Cayman wird von etwa 4000 Menschen bewohnt, Farbigen und Weissen, welche längs der Sandbänke und Klippen der Küsten von Zentralamerika Schildkröten fangen und mit den Inseln um Honduras herum Handel treiben. Sie bringen auch Schildkröten, Kokosnüsse und Blauholz nach Jamaica und haben einen guten Verdienst an den Phosphaten, welche in gewissen Gegenden reichlich vorkommen. Klein-Cayman hat nur 35—40 Einwohner, auf Cayman-Brac aber leben 300—400 Weisse und etwa

[1]) Rassegna della scienze geologiche in Italia **1.** 1891. Heft 1/2.
[2]) Bol. soc. geol. Ital. **9.** p. 573.

100 Farbige. Auf letzterer Insel finden sich sehr viele Seevögel, deren Eier gesammelt und nach Jamaica gebracht werden[1]).

Die Insel Curaçao schildert R. Bergter auf Grund sechsjährigen Aufenthaltes daselbst[2]). „Die Insel verdankt ihren Namen (gepanzerte) jedenfalls dem Gürtel von Korallenfelsen, welcher dieselbe rings umgiebt; auf der Nordseite treten sie als schroffe Felsen mit vorliegenden Klippen auf, an denen, stärker oder schwächer, der durch den Nordostpassat verursachte Strom brandet. Letzterer ist auch die Ursache dieser Felsbildung; im Laufe der Jahrhunderte unterwäscht derselbe das Stehende, bis durch irgendwelche Erschütterung solche unterwaschenen Felsblöcke abbrechen und ins Meer stürzen. An der Süd- und Westküste senkt sich das Land mehr allmählich zur See hinab; dort liegen teilweise noch Korallenriffe vor, welche wiederum die bekannten Korallenlagunen bilden. Eine solche erstreckt sich von der Stadt Willemstad westlich ca. 4 *km* lang und bildet kleine Becken mit teilweise sehr klarem, ruhigem, grünem Wasser, welches, wo weniger tief, dicht von Mangle-Gestrüpp (Rhizophora) bewachsen ist und durch einen Wall meist loser Korallensteine vom Meere getrennt wird.

Die Insel selbst gehört zu den kleinen Antillen, und zwar zu den sogenannten Inseln unter dem Winde und liegt unter 12° nördl. Breite und 69° westl. Länge von Gr. Sie ist ca. 60 *km* lang in der Richtung SO-NW, an der schmalsten Stelle (ungefähr in der Mitte ihrer Längslage) ca. 4 *km* breit, etwas wellig-hügelig; ihr höchster Punkt, der San Cristofle-Berg, ist 365 *m* hoch.

Das Land scheint nur zum kleinen Teile vulkanischen Ursprunges zu sein und ist wohl mehr durch Hebung des Meeresbodens, resp. Zurückgehen des Meeresspiegels entstanden, denn die Korallenfelsen, mit Muscheln und Meeresfaunaresten, erheben sich bis 50 und mehr Meter Höhe; am San Cristofle-Berg finden sich solche Reste sogar noch bedeutend höher.

Letzterer ist wahrscheinlich ein kleiner Krater gewesen, der längst erloschen ist, wenn er überhaupt viel in Thätigkeit gewesen ist.

Man kann drei Hauptgesteine unterscheiden: in der Hauptsache der überall vorhandene Korallenfels, dann ein eisen- und manganhaltiger weicher Grünsteinporphyr, welcher teilweise mit etwas Glimmer und Asbest durchsetzt ist, und Phosphat (phosphorsaurer Kalk). Letzterer findet sich auch sehr häufig und zerstreut vor, doch als fester, kompakter Fels nur am Südostende der Insel, unmittelbar an der Küste, wo er einen ca. 100 *m* hohen Berg bildet und als Düngemittel verschifft wird.

Quellwasser hat die Insel fast gar nicht, weshalb als Trinkwasser durchgängig in Zisternen gesammeltes Regenwasser dient.

---

[1]) Annalen der Hydrographie 1892. p. 430.

[2]) Mitteil. aus dem Osterlande. Naturf. Gesells. zu Altenburg. N. F. **5.** Altenburg 1892.

Nur in tiefer gelegenen Mulden sammelt sich nach Regen sogenanntes Püttwasser, welches brackig, etwas salzhaltig ist und mit längerer Dürre ganz wegtrocknet. Ungefähr auf der Mitte des Landes, im Norden, befindet sich eine ziemlich ausgedehnte Tropfsteinhöhle, welche stets ein kleiner Bach mit klarem süssem, aber stark kalkhaltigem Wasser entströmt. Mit dem Bohren artesischer Brunnen hat man begonnen; das Resultat ist noch nicht bekannt. Eine eigentliche Regenzeit hat die Insel nicht. Auch im allgemeinen fällt so wenig Regen, dass an einen eigentlichen Landbau manches Jahr nicht gedacht werden kann, während bei verhältnismässig nassen Zeiten die Insel, infolge des Phosphatgehaltes, sehr fruchtbar ist. Wenige Regentage reichen hin, den sonst kahlen Felsen in üppig grünes Land zu verwandeln."

Die Algonquin-Strandlinie wurde nach ihrem Verlaufe von J. W. Spencer untersucht[1]). Sie verläuft in sehr ungleichem Niveau, südlich vom Huronsee liegt sie bis zu 6 *m* unter dem Niveau des Sees, nordwärts steigt sie bis zu 90 *m* über dasselbe. Sie umschliesst eine Fläche, welche den heutigen Obersee, den Michigan- und Huronsee umfasst. Unter ihr liegen noch ältere Linien, ebenfalls in verschiedenen Niveaus. Falls diese Linien wirklich den Strand eines ehemaligen zusammenhängenden Sees bezeichnen, müssen freilich grosse Veränderungen in der Konfiguration des Landes angenommen werden.

Die säkulare Hebung der Küste bei Kronstadt ist von A. Bonsdorff untersucht worden[2]). Eine Diskussion der mittleren Wasserstände dort 1841—1885, ergiebt rechnerisch, dass die Strandlinie eine negative Verschiebung von im ganzen 24.3 *mm* erfahren hat, doch ist dieser Betrag wohl zu gering, um auf Grund des gegebenen Materiales verbürgt werden zu können.

Über die Bewegung der Strandlinien in Schweden und Finnland hat sich Prof. Brückner ausgesprochen[3]). „Das Charakteristische derselben," sagt er, „ist, dass sie sich in Schweden und Finnland von Station zu Station etwas ändert und an der deutschen Küste ganz fehlt. Gehen wir von der deutschen Küste als Basis aus, da hier eine solche einseitige Änderung des Wasserstandes fehlt, so hat sich im Vergleiche dazu bei Stockholm in den fünfzig Jahren 1825—1875 die Strandlinie um 19 *cm* negativ verschoben, bei Lökö in Finnland in den 30 Jahren 1858—1887 sogar um 27 *cm*; anderseits hat sich auch die Strandlinie bei Lökö im Vergleiche zu Stockholm in den achtzehn Jahren 1858—1875 um 22 *cm* negativ verschoben. Ähnliche, doch in ihrem absoluten Betrage abweichende Zahlen erhalten wir beim Vergleiche der anderen Stationen.

---

1) Amer. Journ. of sc. [3] **41.** Nr. 241.
2) Fennia 1891. **4.** Nr. 3.
3) Verhandlungen des 9. deutschen Geogr.-Tages in Wien. Berlin 1892. Gaea 1892. p. 278 u. ff.

Es fragt sich, was für Kräfte können eine solche Erscheinung hervorrufen? Ich glaube, dass klimatologische und hydrostatische Vorgänge, wie sie Suess annehmen möchte, nicht zur Erklärung ausreichen. Sehen wir dieselben, soweit sie überhaupt in Betracht kommen, rasch durch! Die Verstärkung der Winde aus einer bestimmten Richtung kann wohl ein erhebliches Steigen des Wasserstandes an der windgetroffenen Küste verursachen, doch nur in sehr geringem Masse eine Senkung des Meeres in Lee der Küste. Negative Strandverschiebungen im Betrage der hier beobachteten können durch Wind nie erzeugt werden. Eine Änderung der Temperatur des Ostseewassers, eine Abkühlung und entsprechende Verdichtung desselben an den Küsten Schwedens und Finnlands ohne gleichzeitige Änderung an der deutschen Küste ist undenkbar, treten doch Temperaturanomalien und Temperaturänderungen immer auf sehr weiten Gebieten in gleicher Weise auf. In einer Änderung des mittleren Luftdruckes die Ursache zu suchen, ist schon gar nicht möglich, müsste man doch aus jenen Hebungen des Wasserstandes um 22, 19 oder 27 *cm* auf die Entstehung konstanter Sturmgradienten von 2 bis 5 *cm* zwischen Schweden, Finnland und Deutschland schliessen.

Es bleibt also nur noch die Annahme, dass durch eine allmähliche Vergrösserung des Salzgehaltes und damit des spezifischen Gewichtes an den Küsten Schwedens und Finnlands eine Senkung des Wasserspiegels verursacht worden sei. Allein es lässt sich berechnen, dass auch diese Annahme die Erscheinungen nicht zu erklären vermag. Mit Berücksichtigung der mittleren Tiefe finden wir, dass die von 1858 — 1875 entstandene Niveaudifferenz von 22 *cm* zwischen Stockholm und Lökö sich nur dadurch erklären liesse, dass seit 1858 der Salzgehalt zu Lökö im Vergleiche zu Stockholm um 0.77 % zugenommen habe, während er doch heute thatsächlich nur etwa 0.50 %, also weit unter 0.77 % beträgt. Ähnliche, wenn auch geringere Widersprüche zeigt die Berechnung der Veränderung im spezifischen Gewichte, die erfolgt sein müsste, um die beobachtete Niveaudifferenz zwischen Stockholm, bezw. Finnland und Swinemünde herauszubilden. Man müsste an der schwedischen und an der finnischen Küste eine Zunahme des Salzgehaltes um $^1/_2$ % annehmen, während doch heute der gesamte Salzgehalt dort $^1/_2$ % nur wenig übersteigt. Hiernach ist es ausgeschlossen, die Ursache der Strandverschiebungen in Schweden und Finnland in einer Vermehrung des Salzgehaltes an jenen Küsten zu suchen. In noch weit höherem Grade drängt sich uns das auf, wenn wir über den Beginn der Pegelbeobachtungen zurückgreifen und die unleugbar auch vorher vorhandene, wenn auch in ihrem Ausmasse nicht genau bestimmbare negative Strandverschiebung erklären wollten. Wir müssten eine Zunahme des Salzgehaltes um 1 % und mehr annehmen, während doch der gesamte Salzgehalt heute nirgends diesen Wert erreicht.

Erweisen sich in dieser Weise überhaupt denkbare, dauernd eingetretene Änderungen der Wind- und Luftdruckverhältnisse wie der Verteilung des Salzgehaltes als unzureichend, um jene einseitige Bewegung des Meeresspiegels an den Küsten Schwedens und Finnlands zu erklären, so lässt sich anderseits auch direkt zeigen, dass innerhalb des Zeitraumes der Pegelbeobachtungen eine Änderung jener Elemente in einer Richtung gar nicht stattgefunden hat. Aus meinen Zusammenstellungen langjähriger meteorologischer Beobachtungen ergiebt sich, dass die Luftdruckverteilung und infolgedessen auch die Windverhältnisse, ferner die Temperatur, der Regenfall und daher die Zufuhr zur Ostsee sich innerhalb des erwähnten Zeitraumes nicht vorwiegend in einer Richtung geändert haben. Jene Änderung des Wasserstandes aber als die Folge einer vor geraumer Zeit stattgefundenen Änderung des Klimas und der Zuflussverhältnisse zur Ostsee aufzufassen und in diesem Sinne von einer fortschreitenden Entleerung der Ostsee zu sprechen, dazu fehlt uns alles Recht angesichts der Thatsache, dass Flussseen und relativ abgeschlossene Meeresräume, wie der Pontus, den Änderungen der Zufuhr nur mit ganz geringer Verspätung folgen, vor allem aber angesichts der Thatsache, dass der Ostseespiegel selbst an der deutschen Küste und ebenso an der schwedischen und finnischen nach Eliminierung der fortschreitenden Bewegung die Schwankungen des Regenfalles der betreffenden Länder ohne eine bemerkbare Verspätung mitmacht. Ich muss sonach entgegen den Ansichten von Suess hervorheben: bei der negativen Strandverschiebung in Schweden und Finnland handelt es sich nicht um eine Frage der Klimatologie und der Hydrostatik; denn beide vermögen nicht, die Änderungen der Strandlinie innerhalb des kurzen Zeitraumes zu erklären, für den exakte Pegelbeobachtungen vorliegen, geschweige denn die weit grösseren in der gesamten Zeit, für welche die negative Strandverschiebung konstatiert ist. Wir stehen hier vielmehr vor einer Frage der tektonischen Geologie. Ich glaube, wir müssen im vorliegenden speziellen Falle zur alten Theorie der kontinentalen Hebungen zurückkehren."

Eine merkwürdige Bodenerhebung hat sich am 7. September 1889 im Bette des Lower Fox River gezeigt[1]), die sich durch zerstörende Wirkungen an den Gebäuden der Combined Locks Pulp Mill, nordöstlich von Appleton, Wisconsin, oberflächlich bemerkbar machte. Sie äusserte sich durch plötzliche Berstung eines soliden Zementpfeilers und regelmässige Zerklüftung der nordöstlichen Umfassungsmauer der Mühle, ferner durch lokale Aufwölbung des Bodens der Mühle und Hebung der hier befindlichen Mahlgänge um teilweise sehr ansehnliche Beträge, und endlich durch starke Verbiegung der den Boden der Mühle tragenden Eisensäulen. Diese Störungen rührten, wie die Untersuchung des Flussbettes unter der Mühle ergab, von einer entsprechend verlaufenden Aufwölbung des Fels-

[1]) Americ. Journ. of Science 1890. **39.** p. 220—225.

bodens („Galena limestone") her, der zur Zeit der Anlage der Mühle als nahezu vollständig eben befunden worden war und jetzt überdies eine durch den genannten Prozess hervorgerufene intensive Zerklüftung aufwies. Der Umstand, dass die Sattelbildung sich in dem tief eingeschnittenen Flussthale, und zwar parallel mit dessen Richtung vollzog, schien anfänglich dafür zu sprechen, dass es sich um eine lokale (an einer Stelle geringsten Widerstandes zum Ausdrucke gelangte) Wirkung des in lateralen Druck umgewandelten Gewichtes der Kalk- und Thonschichten handle, welche das Fox River Valley erfüllen. Indessen zeigte die Beobachtung einer ähnlichen Antiklinale, 2 Meilen flussabwärts, deren Hebungsachse senkrecht zur Richtung des Flussbettes, jedoch parallel zur Richtung der Combined Lock Mill-Dislokation verläuft, dass wohl eine andere, allgemeiner verbreitete Ursache für die Bewegungen der Erdrinde in diesem Gebiete zu suchen sei. Als solche deutet Fr. Cramer nach K. G. Gilbert's Vorgange die Existenz bedeutender, lateral wirkender Druckkräfte innerhalb der Oberflächenschichten an, welche sich hier in postglazialer Zeit durch die nach Abschmelzung des Inlandeises eingetretene Temperaturerhöhung herausgebildet hätten [1]).

8. Das Meer.

Das mittlere Niveau der europäischen Meere ist mittels der Lallemand'schen Instrumente und durch sehr genaue Nivellements gegenwärtig mit einem hohen Grade von Sicherheit bekannt, und es hat sich dabei ergeben, dass der Meeresspiegel an den europäischen Küsten im ganzen völlig im gleichen Niveau liegt. Die folgende Tabelle giebt [2]) die Höhen des Mittelwassers in bezug auf das Mittelwasser zu Marseille in Centimetern an (+ bezeichnet den Stand über, — dagegen unter dem Mittelwasser von Marseille).

Adriatisches Meer: Triest + 2, Venedig — 5, Porto Corsini — 4, Ancona — 8.

Mittelmeer: Livorno — 6, Spezia — 1, Genua — 5, Savona — 2, Nizza — 6, Cetti 0, Port Vendres + 3.

Atlantischer Ozean: St. Jean de Luz + 15, Biarritz + 13, Les Sables-d'Olonne — 20, Quiberon — 1, Camaret — 9, Brest + 2.

Kanal: Cherbourg + 5, Havre + 1, Boulogne 0.

Nordsee: Ostende — 16, Vlissingen — 7, Brouwershaven — 8, Ijmuiden — 5, Helder — 4, Amsterdam — 1, Nijkerk + 5, Elburg + 7, Stavoren + 6, Harlingen + 1, Delfzijl — 1, Cuxhaven — 3.

Ostsee: Travemünde — 9, Warnemünde — 4, Swinemünde — 2, Neufahrwasser + 1, Pillau — 8.

---

[1]) Neues Jahrbuch für Mineralogie 1892. 2. p 42.

[2]) Bulletin annual de la Commission de météorologieque des départ. de Bouches-du-Rhône 1891. p. 109.

Skagerack und Kattegat sind im Winter 1890 durch eine schwedische Expedition, aus 5 Dampfern bestehend, bezüglich der Temperatur und des Salzgehaltes ihres Wassers untersucht worden. Die Ergebnisse dieser Beobachtungen sind unter Bezugnahme auf ähnliche frühere, in weiteren Kreisen aber nicht genügend bekannt gewordenen Beobachtungen der schwedischen Akademie vorgelegt worden[1]. Es werden 4 Wasserarten unterschieden: Ostseewasser (baltischer Strom $< 30^0/_{00}$ Salzgehalt), Bankwasser, im nördlichen Teile von Skagerack (Salzgehalt $30-32^0/_{00}$), Nordseewasser, (Salzgehalt $33-35^0/_{00}$), Ozeanwasser (aus dem Atlantischen Meere, (Salzgehalt $> 35^0/_{00}$). Letzteres findet sich bis zu 600 *m* Tiefe in der norwegischen Rinne, mit einer Wassertemperatur am Boden, die bis auf $+ 4.7^0$ C. (im Sommer 1877, nach Prof. Ekman) herabgeht. Im Februar 1890 fand sich die höchste Wassertemperatur 150 *m* unter der Oberfläche mit 7^0 C. und $35^0/_{00}$ Salzgehalt, letzterer nach unten etwas zunehmend, während die Temperatur sinkt. Im Skagerack herrscht an der Oberfläche bei westlichem Winde das salzhaltigere Nordseewasser vor, bei östlichem das minder salzhaltige Ostseewasser. Im Februar und März sinkt die Temperatur des Bankwassers oft unter 0^0, so dass sich Treibeis bildet, das jedoch kein Grundeis ist, weil die Temperatur in der Tiefe niemals bis zu $+ 2^0$ sinkt.

Der Salzgehalt im Kattegat ist nach den an 6 Punkten gemachten regelmässigen Beobachtungen der Stationen von K. Rördam untersucht worden[2]. Hiernach ergiebt sich für die Jahre 1884—1886 eine Zunahme desselben an allen 6 Stationen, und zwar beträgt derselbe durchschnittlich 1.06 pro Mille. Aber auch die Oberflächentemperaturen des Wassers sind gestiegen. Beide Erscheinungen sind auf die grössere Häufigkeit westlicher Winde während jener Zeit zurückzuführen. Die Zunahme des Salzgehaltes erscheint am bedeutendsten in den höchsten Wasserschichten bis zu 30 *m* Tiefe.

Chemische Untersuchungen im östlichen Mittelmeere, als Ergebnis der im Sommer 1891 auf S. M. Schiff „Pola" vorgenommenen zweiten Tiefseeexpedition in der Umgebung von Kreta, sind von Dr. K. Natterer ausgeführt worden[3].

Die Untersuchung der 79, zumeist dem Meeresgrunde entnommenen Wasserproben geschah fast durchweg auf dieselbe Weise wie im ersten Expeditionsjahre.

Ebenso wie im Jonischen Meere wurde wieder das Verhältnis der einzelnen im Meerwasser gelösten Körper zu einander fast konstant gefunden. Wenn also wirklich auf dem Meeresgrunde durch Verwesungsprodukte (Ammoniak und Kohlensäure) von zumeist aus den

[1]) Kongl. Svenska Vetenskaps. Akad. Handlingar. **24.** Nr. 11. Stockholm 1891

[2]) Kattegats Hydrografi 1884—86. Kopenhagen 1891.

[3]) Wiener akad. Anzeiger 1892. p. 158.

obersten Schichten des Meeres stammenden Tieren und Pflanzen Fällungen eintreten, so kann dies nur so langsam geschehen, dass die dadurch bedingte Änderung in der Zusammensetzung des Meerwassers durch die fortwährenden, bis in die grössten Tiefen reichenden Strömungen wieder ausgeglichen wird.

An der afrikanischen Küste im Westen von Alexandrien wurde eine auffallende Verminderung des Bromgehaltes an der Oberfläche und in einer Tiefe von 50 *m* gefunden, was vielleicht eine Folge des Lebensprozesses von Pflanzen ist, die Brom in gleicher Weise wie Jod aus dem Meereswasser aufzunehmen vermögen. Solche Pflanzen könnten dann entweder an den Strand geworfen werden oder, nachdem sie vielleicht eine zeitlang durch Strömungen horizontal weiterbewegt worden, an den Meeresgrund gelangen. Es ist möglich, dass auf die letztere Art der an einer Stelle des Meeresgrundes im NW von Alexandrien gefundene Jodgehalt einer Grundprobe zu erklären ist.

Einer mehr oder weniger vollständigen quantitativen Analyse wurden 20 Grundproben, welche entweder das Lot oder das Schleppnetz heraufgebracht hatte, unterzogen. Vorher wurde immer von den in wechselnder Menge vorhandenen sandartigen kleinen Muscheln getrennt; in den meisten Fällen diente der durch Schlämmen gewonnene feinste Teil der Grundproben, welcher vielleicht durch eine rein chemische Fällung entstanden ist, zur Untersuchung.

Manchmal war das Lot auf den Meeresgrund aufgestossen, ohne eine Grundprobe zu fassen, und hatte dann das Schleppnetz neben dem sonst immer gehobenen lehmartigen Schlamme Steinkrusten heraufgebracht, von welchen die eine Seite grau und blank war, während an der anderen (ursprünglich unteren) Seite Lehm anklebte; an solchen Stellen dürfte deshalb, weil keine Pflanzen- und Tierreste mehr aus den oberen Meeresschichten niederfallen, der rein chemische Fällungsprozess ungestört vor sich gehen und zur Bildung der Steinkrusten führen.

Der Abhandlung liegen neun Tabellen und eine Kartenskizze bei.

In einem Anhange sind die Resultate von Untersuchungen an der Quelle der Arsenalswasserleitung in der Sudabai auf Kreta mitgeteilt, welche sich auf das Quellwasser und auf das dortige, mit einem krystallinischen Quellabsatze bedeckte Gestein beziehen.

Die physiographischen Verhältnisse des Clydebusens wurden von H. R. Mill auf Grund mehrjähriger Forschungsfahrten dargestellt[1]). Seewärts wird dieser Meeresteil durch eine Linie abgegrenzt, die man vom Leuchtturme von Cantire nach dem Städtchen Ballantrae ziehen kann. Das so umschlossene Seegebiet hat ein Areal von 881 Quadratseemeilen und eine mittlere Tiefe von 29 Faden bei Niedrigwasser. Der Salzgehalt ist am Eingange des

[1]) Transactions R. Soc. of Edinburgh. **36.** Part III. p. 23.

Busens zu 34.5 und an der Spitze des Loch Long noch zu 32.6, im Mittel zu 33.3 pro Mille bestimmt worden. Landwärts von Greenock sinkt er unter 20 pro Mille. Mit der Tiefe nimmt er anfangs rasch zu, und das Minimum ist selbst im Meere nicht kleiner als 33 pro Mille. Der Salzgehalt ändert sich im umgekehrten Verhältnisse zum Regenfalle mit einer Verspätung in der Wirkung, die etwa 1 Monat beträgt.

Hydrographische Forschungen im Schwarzen Meere wurden 1890 und 1891 auf Veranlassung der russischen Regierung ausgeführt. Die Ergebnisse derselben hat Woeikof in einer russischen Abhandlung und Köppen nach dieser in deutschem Auszuge mitgeteilt[1]), der hier im wesentlichen folgt:

„Der nordwestliche Teil des Schwarzen Meeres, ungefähr bis zu einer von Burgas zum Kap Tarkhankút gezogenen Linie, ist flach, der ganze Rest des Meeres bildet, abgesehen von den Ufergebieten, ein tiefes Becken, so zwar, dass auf zwei Drittel seiner Ausdehnung die Tiefe mehr als 1800 *m* und in der Mitte sogar mehr als 2160 *m* beträgt. Es hat sich also herausgestellt, dass der von N. Andrussof früher angenommene Riegel, welcher ein tieferes östliches und westliches Becken trennen sollte, nicht existiert. Einen solchen Riegel kennen wir im Kaspischen Meere zwischen Apsheron und Krasnovodsk.

Noch wichtiger sind die Resultate der Expedition über die Temperatur und den Salzgehalt des Wassers, denn in dieser Beziehung hat sich das Schwarze Meer als eine Ausnahme unter allen Meeren der Erde erwiesen. Es hat sich gezeigt, dass die Temperatur im Sommer nur bis zu einer Tiefe von etwa 30 bis 35 Faden (54 bis 63 *m*) abnimmt, wo sie etwa 7° erreicht, weiterhin aber wieder steigt, bis sie in 400 Faden (720 *m*) Tiefe 9° erreicht, von wo an sie bis zum Boden ungefähr unverändert bleibt. Gleich nach der Bearbeitung der Ergebnisse haben Spindler und Baron Wrangell die Ursache dieser merkwürdigen Erscheinung richtig bezeichnet. Sie liegt unzweifelhaft darin, dass ins Schwarze Meer durch die Dardanellen und den Bosporus warmes und sehr salziges Wasser aus dem Mittelmeere einströmt; die absteigenden Konventionsströme, welche durch die Erkaltung der Wasseroberfläche im Winter hervorgerufen werden, können daher nur bis zu geringer Tiefe eindringen, darunter aber befindet sich eine grosse Masse wärmeren Wassers von grosser Dichte.

Was den Salzgehalt des Wassers betrifft, so nimmt dieser zuerst nur sehr langsam zu, mindestens im mittleren Teile des Meeres, darauf viel rascher, besonders zwischen 30 und 300 Faden (54 und 540 *m*), und hierauf wieder langsam bis zum Boden. Mit einem Worte, die Wassermasse des Schwarzen Meeres ist scharf geschieden in eine obere Schicht, welche beständig versüsst wird durch das zu-

---

[1]) Annalen der Hydrographie 1892. p. 306 u. ff.

strömende Flusswasser und die Strömung aus dem Azof'schen Meere durch die Strasse von Kertsh, und eine untere, viel salzreichere Schicht.

Sehr bemerkenswert ist auch der Umstand, dass in der Nähe der Donau, wo das Wasser an der Meeresoberfläche sehr geringen Salzgehalt hat, es in der Tiefe von 34 *m* salziger ist als in der Nähe des Bosporus. Diese Beobachtung unterstützt die Hypothese von J. Spindler, dass in dieser Tiefe eine Strömung das salzigere Wasser von den Küsten der Krim dorthin bringe.

Verf. möchte noch auf die Berechnung der Mitteltemperatur der Wasserschicht zwischen 9 *m* und 52 *m* Tiefe hinweisen, welche J. Spindler ausgeführt hat. Die höchste Temperatur in dieser Schicht wird in den mittleren Meridianen im südlichen Teile des Meeres angetroffen; im Osten und Westen ist die Temperatur erheblich niedriger. Besonders bemerkenswert ist die relativ niedrige Temperatur, welche in einiger Entfernung von der kaukasischen Küste unter 42° nördl. Br. gefunden wird, während näher zur Küste, wahrscheinlich unter dem Einflusse der warmen und trüben Fluten des Rion und anderer Flüsse, die Temperatur wieder höher ist.

Nimmt man die Mitteltemperatur der ganzen Wassersäule tiefer Meere (von mehr als 1800 *m* Tiefe), so findet man, dass nur drei Meere wärmer sind als das Schwarze, nämlich 1. das Rote, 2. das Mittelmeer und 3. das Sulumeer; alle anderen tiefen Meere erhalten in ihren tieferen Teilen Massen kalten polaren Wassers, so dass die mittlere Temperatur der ganzen Wassersäule in den tropischen Ozeanen nur ungefähr 4° C. beträgt.

Ebenso merkwürdig und vielleicht noch unerwarteter waren die übrigen Resultate der Expedition. Es stellte sich nämlich heraus, dass das Tiefenwasser des Schwarzen Meeres einen, wenigstens für den Geruch, sehr bemerkbaren Gehalt an Schwefelwasserstoffgas (H_2S) hat. Die Expedition des Jahres 1890, welche keinen Chemiker in ihrem Bestande hatte, konnte zunächst noch keine Analyse der im Wasser enthaltenen Gase ausführen. Wahrscheinlich erklärt sich aus der Anwesenheit dieses für tierische Organismen schädlichen Gases der Mangel organischen Lebens unterhalb 180 *m* Tiefe; in dieser Hinsicht unterscheidet sich das Schwarze Meer schroff von der Mehrzahl der übrigen Meere und besonders von den Ozeanen, wo auch in grossen Tiefen ein reiches und mannigfaltiges organisches Leben sich findet.

So wichtig auch die Ergebnisse der Schwarze-Meerexpedition vom Jahre 1890 waren, so blieb doch unzweifelhaft noch viel zu thun, und die vorliegenden Aufgaben wurden sehr klar und bestimmt hervorgehoben in einer zweiten Mitteilung, welche Baron Wrangell den Abteilungen für mathematische und physikalische Geographie der Gesellschaft machte.

Eine neue Expedition kam für die Monate Mai bis August des Jahres 1891 zu stande; leider jedoch konnte Baron Wrangell an derselben nicht teilnehmen. Sie wurde geführt durch J. Spindler

und dieses Mal begleitete ihn während der ganzen Fahrt der Chemiker Lebedintsef, anfangs ausserdem der Professor der Chemie an der Moskauer Universität Morkovnikof. Wenn auch der Bericht über diese Expedition noch nicht gedruckt ist, so sind doch durch die Mitteilungen Spindler's in der allgemeinen Versammlung der Kaiserlich Russischen Geographischen Gesellschaft vom 4. (16.) Dezember die wichtigsten Ergebnisse bekannt gegeben.

Im vorigen Jahre wurden zwei Untersuchungsfahrten, im Mai und im August, unternommen, die erste auf dem Kanonenboote „Donèts", die zweite auf dem Kanonenboote „Zaporòjets".

Als das wichtigste Resultat muss man ansehen, dass die Gegenwart von Schwefelwasserstoff festgestellt wurde, nicht nur nach dem Geruche, sondern auch durch die chemischen Untersuchungen.

Es wurde der nordöstliche Teil des Meeres untersucht, welcher von der Expedition des vorigen Jahres nicht besucht worden war, und es erwies sich, dass auch hier die Tiefen sehr gross seien — mehr als 1800 *m*, mit Ausnahme der Küstenzone. Ferner stellte sich die Anwesenheit eines Vorsprungs an der kleinasiatischen Küste heraus, welcher dem ganz ähnlich ist, der im Norden, bei der Krim, sich zeigt. Es erwies sich, dass die Achse der tiefsten Einsenkung des Schwarzen Meeres die Richtung von SW nach NO besitzt, also parallel der Hauptfalte des Krim'schen Gebirges. Die Beobachtungen über die Wassertemperatur wurden in diesem Jahre im Mai und August angestellt, im vorhergehenden im Juni und Juli. Dies gab Spindler die Möglichkeit, Schwankungen der Wassertemperatur und ziemlich grosse Unterschiede in deren Verteilung nachzuweisen. Im August findet sich die niedrigste Temperatur auf einer grösseren Tiefe als im Mai; wir haben nämlich im Mai 6.9° in der Tiefe von 30 engl. Faden (54 *m*), im August 7.1° in der Tiefe von 35 bis 50 Faden (63 bis 90 *m*), und von 35 bis 100 Faden Tiefe ist die Temperatur im August niedriger als im Mai. Ferner ist in einer Tiefe von 50 Faden im Mai ausser der Temperatur auch der Salzgehalte erheblich grösser als im August. Sehr wichtig sind ferner die Beobachtungen der Expedition im Mai in einem Abstande von 4 Seemeilen vom Eingange in den Bosporus: hier wurde in einer Tiefe von 40 Faden (72 *m*) Wasser von der Temperatur 11° und vom Salzgehalte 3.4 % gefunden, mit einem Worte viel wärmeres und salzigeres Wasser als das, welches uns in grossen Tiefen des Schwarzen Meeres begegnet. Aus dem Vergleiche der 1890 und 1891 gewonnenen Ergebnisse geht klar der Satz hervor, welchen Spindler ausspricht: „In einem halbjährigen Zeitraume, d. h. von Ende Januar oder Anfang Februar, zu welcher Zeit durchschnittlich die Temperatur der Oberfläche ihren niedrigsten Wert erreicht, bis zum Anfange August, wenn sie ihr Maximum daselbst hat, dringen die jährlichen Änderungen der Temperatur nicht tiefer als 100 Faden (180 *m*) ein; so bildet denn im Mittel die 100-Fadentiefe die Grenze der Zirkulation des Wassers im Becken des Schwarzen Meeres

dieselbe Tiefe bildet zugleich die untere Grenze der Verbreitung organischer Wesen und auch des von Schwefelwasserstoff freien Wassers."

Spindler hat die Gelegenheit benutzt, auch das Azof'sche Meer zu besuchen und einige Beobachtungen über dessen Temperatur und Salzgehalt anzustellen; diese erwiesen sich sehr wenig verschieden von der Oberfläche bis zum Boden, was Spindler der geringen Tiefe und der Mischung des Wassers selbst bei geringem Seegange zuschreibt. Im Juli erwies sich die mittlere Temperatur an der Oberfläche als 26°, am Boden 23.5°; der mittlere Salzgehalt sowohl oben als unten 1.06 %. Folglich ist das Azof'sche Meer im Sommer eines der wärmsten Meere der Erde.

Spindler hat im Schwarzen Meere, besonders in dessen westlicher Hälfte, Strömungen im Sinne entgegen dem Zeiger der Uhr nachgewiesen. Am deutlichsten zeigt sich diese Strömung längs des westlichsten Teiles der kleinasiatischen Küste. Hier geht sogar bei östlichen Winden der Strom nach Osten. Die beständigste Strömung ausserhalb dieser Gegend findet sich beim Vorgebirge Tarkhankút, am Westende der Krim: hier geht, selbst bei nordwestlichen Winden, die Strömung nach NW.

In der Meerenge von Kertsh giebt es bei schwachem Winde oder Windstille nur eine Strömung aus dem Azof'schen ins Schwarze Meer, welche salzarmes Wasser in das letztere bringt. Eine Unterströmung wie im Bosporus wird hier gewöhnlich nicht gefunden; allein bei starken SW-Winden geht der Strom vom Schwarzen ins Azof'sche Meer, und unter solchen Umständen steigt der Salzgehalt im letzteren von 1.06 % bis auf 1.55 %. Hieraus kann man schliessen, dass der Salzgehalt des Azof'schen Meeres, gegenüber den kolossalen Massen süssen Wassers, welche von den Flüssen darein ergossen werden, eben durch diese temporären Strömungen aus dem Schwarzen Meere unterhalten wird, welche bei starken SW-Winden eintreten."

Die Wassertemperatur und -bewegung im Golfe von Guinea ist auf Grund der Beobachtungen auf den Dampfern „Buccaneer" und „Silvertown" von Buchanan untersucht worden[1]. „Das warme Oberflächenwasser bildet im ganzen Golfe von Guinea eine Schicht von im allgemeinen nicht über 30 Faden (54 *m*) Mächtigkeit. Eine mässige Brise vom Lande her bläst es mit Leichtigkeit fort, und an seine Stelle tritt das darunterliegende dichtere und kältere Wasser. Der jahreszeitliche Wechsel des Wassers auf der Linie von Appi nach der Insel S. Thomé ist sehr bemerkenswert. Die Dichte dieses Wassers beträgt bei der Temperatur 15.56° C. 1.0260 bis 1.0262 und ist grösser als die des Tiefenwassers unter ihm; möglicherweise wird es aus weiter im Westen liegenden Gegen-

[1]) Auszüglich in den Annalen der Hydrographie 1892. p. 348 wiedergegeben

den durch eine rückkehrende Unterströmung gebracht. Beweise für einen solchen Strom wurden gefunden beim Experimentieren am Äquator in der Länge von Ascension.

Im allgemeinen wurde längs der Guineaküste eine starke nach Osten setzende Strömung gefunden, der wohlbekannte Guineastrom. In der Bucht bei der Insel S. Thomé setzt die Strömung in NW-Richtung; dieselbe war stark genug, um das Schiff während der Lotung um eben so viel zurückzuversetzen, wie es zwischen den Lotungen vorwärts dampfte. Die Folge war, dass in dieser Gegend die Lotungen viel näher bei einander lagen, als beabsichtigt war. Sobald freilich Beobachtungen erhalten wurden, wurde der Einfluss der Strömung festgestellt und berücksichtigt.

Als der „Buccaneer“ auf der Reise von Ascension nach Conakry war, wurden einige interessante Strombeobachtungen in der Nähe des Äquators gemacht. Hier setzte das Wasser an der Oberfläche mit etwa 0.5 Seemeile per Stunde westwärts, darunter aber in 50 Faden (90 *m*) Tiefe ostwärts mit 1.3 Seemeile per Stunde relativer oder mindestens 0.8 Seemeile absoluter Geschwindigkeit. Diese Strömung wurde festgestellt, indem ein Schleppnetz auf die gewünschte Tiefe herabgelassen wurde, und das Schiff demselben unter Dampf folgte, so dass die Leine senkrecht erhalten wurde; Richtung und Strecke der Fahrt wurden dabei sorgfältig bestimmt.

Täglich wurde eine Flasche über Bord geworfen mit der gewöhnlichen Aufforderung darin; vier davon sind dem Verfasser zugegangen.

Die ersten beiden Flaschen wurden westlich vom Kap Palmas ausgeworfen, schnell nach Osten getrieben und nahe vom Kap St. Paul aufgefunden. Die dritte Flasche wurde zwei Monate später weiter vom Lande ausgeworfen. Sie trieb quer über den Weg der beiden ersten und strandete an der Kruküste. Die vierte aufgefundene Flasche wurde zwischen dem Gabun und S. Thomé ausgesetzt und strandete nordöstlich davon lange danach bei Kamerun. Ohne Zweifel ist sie von den entgegengesetzten Strömungen dieser Gegend mehrfach hin- und hergetrieben worden[1]).

Der Golfstrom bildet den Gegenstand einer wichtigen Abhandlung von J. E. Pillsbury[2]), welcher eine Beschreibung der seit 1883 begonnenen neuen Untersuchungen und einen Bericht über die erhaltenen Resultate bringt. Um Richtung, Geschwindigkeit und Temperatur der Strömung systematisch zu beobachten, wurden innerhalb des Stromes Schiffe verankert, und zwar in 6 Querreihen, nämlich:

Von Kap San Antonia zur Yucatan-Bank (Sektion DD),
durch den westlichen Eingang in die Floridastrasse (Sektion EE),
von Rebecca Shoal (Florida) bis nach Habanna (Sektion CC),
von Fowey Rocks (Florida) bis Gun Cay, Bahama (Sektion A),

---

[1]) a. a. O. p. 348.
[2]) Rep. U. S Coast and Geodet. Washington 1892. Append. 10. p. 461.

von Jupiter Inlet (Florida) bis Memory Rock, Bahama (Sektion B), von Kap Hatteras nach SO (Sektion F).

Ausserdem wurden an einem Punkte, 60 Meilen nördlich von Barbados, an 8 Punkten zwischen Barbados und Tabago und in der Hauptstrasse zwischen den Inseln von Cuba bis Trinidad ähnliche Beobachtungen angestellt. Es ergiebt sich, dass der eindringende Äquatorialstrom aus dem tropischen Teile des Atlantic dem Golfstrome sein Wasser liefert. Durch die Strassen zwischen St. Vincent und Antigua drängt der Nordarm der südlichen Äquatorialströmung und die nördliche Äquatorialströmung in die Caribische See, am stärksten ist die Strömung zwischen St. Vincent und St. Lucia. Indessen deckt dieser Zufluss nur etwa die Hälfte des Abflusses durch die Floridastrasse (1500 Tons pro Minute), die andere Hälfte wird nach Pillsbury's Meinung von den Wogen geliefert, die durch die sämtlichen Kanäle zwischen den Westindischen Inseln in das Karibenmeer eindringen. Im Querschnitte DD füllt der Strom nicht die ganze Breite der Yucatanstrasse, im W wird er von den Gezeiten beeinflusst, und im O existiert eine schwache aber beständige Gegenströmung aus dem Golfe in die Karibensee. An den anderen Stationen variiert die stündliche Geschwindigkeit zwischen 1.80 und 2.37 Knoten, die Strömung geht nach N zu O, und die Achse des Stromes liegt westlich von der Mitte. Im Mexikanischen Busen herrschen nur schwache und wechselnde Strömungen, das Niveau desselben liegt von Juni bis November über (Maximum 0.125 *m* im Oktober), sonst unter (Minimum — 0.094 *m* im Januar) dem Meeresspiegel bei Sandy Hook. Das Maximum entspricht der stärksten Einströmung in die Caribensee und der grössten Geschwindigkeit beim Ausflusse durch die Floridastrasse. In Sektion EE trifft man schon überall östliche Strömung, in der Nähe von Cuba herrscht bei südlicher Monddeklination Strömung nach W. Bei geringer Deklination des Mondes zieht sich der Strom überhaupt zusammen und wird tiefer, bei hoher Deklination breitet er sich aus und wird flacher, auch ist in ersterem Falle die Geschwindigkeit in der Mitte grösser, an den Rändern aber kleiner als bei hoher Deklination.

Die Oberflächentemperaturen und Strömungen der ostasiatischen Gewässer sind Gegenstand einer eingehenden Untersuchung von Dr. G. Schott gewesen[1]). Die Abgrenzung dieses Gebietes ist so vorgenommen, dass dasselbe sich einerseits vom Äquator bis 50° n. Br. und anderseits von 100° bis 150° östl. L. erstreckt: es umfasst also, abgesehen von den nördlichsten Teilen, die ostasiatischen Gewässer in ziemlich weiten Grenzen, nämlich die Chinasee, die Sulu- und Celebessee, die chinesischen und japanischen Küstengewässer, im speziellen die Formosastrasse, das Gelbe und Japanische Meer und den offenen Stillen Ozean bis über den Meridian der Bonininseln hinaus.

[1]) Archiv der deutschen Seewarte 14. 1891. Nr. 3.

Zum ganz überwiegenden Teile beruht die vorliegende Untersuchung auf den Beobachtungen von 264 deutschen (meist Hamburger) Segelschiffen, von denen aber einige mit mehreren Schiffsjournalen in der obigen Zahl einbegriffen sind. Die an die Seewarte eingelieferten Tagebücher dieser Schiffe erstrecken sich über die letzten 20 Jahre; doch gehen einige bis 1860 zurück.

Die zur Ermittelung der Strömungen angewandte Methode ist die sogenannte thermometrische, d. h. es wurden die von den Schiffen in den einzelnen Eingradfeldern gemessenen Oberflächentemperaturen in erster Linie diskutiert und erst in zweiter Linie, hauptsächlich zur Feststellung der absoluten Geschwindigkeit, direkte Stromversetzungen aus den Journalen ausgezogen. Die Rechtfertigung dieses Vorgehens liegt in der bekannten Unzuverlässigkeit, welcher im allgemeinen alle Stromversetzungen unterliegen, die aus der Differenz des observierten und gegissten Besteckes berechnet sind; der sich ergebende Kurs der Strömung ist unzuverlässig wegen der nur schwer richtig zu schätzenden Abtrift, die Geschwindigkeit der Strömung unsicher wegen der mannigfachen Mängel der geloggten Distanz.

Die Rücksicht auf die Interessen der Schiffahrt bestimmte den Verfasser, die Darstellung für jeden Monat einzeln durchzuführen und auf Mittelbildung zu verzichten; es wurden also nicht etwa Isothermen für je ein Vierteljahr entworfen, sondern es wurden die 4 prägnanten Monate: Februar (für den Winter), August (für den Sommer), Mai (für den Übergang vom NO zum SW), November (für den Übergang vom SW zum NO) ausgewählt und die Strömungsverhältnisse speziell im einzelnen Monate untersucht.

Bezüglich der Einzelheiten muss auf das Original verwiesen werden; hier kann nur das Wesentliche der Zusammenfassung des Verf. selbst angeführt werden.

Bezüglich der Chinasee konnte nichts wesentlich Neues den verdienstvollen Arbeiten Wagner's und Polack's hinzugefügt werden.

Im einzelnen ist zu bemerken, dass im Mai die Verhältnisse am schwankendsten sind, alle Himmelsrichtungen sind in den Versetzungen ziemlich gleichmässig vertreten; vom Juni an haben aber NO-Versetzungen das Übergewicht, Neerströme treten manchmal dicht unter Land auf.

So bleibt es bis Ende August.

Dann tritt wieder die südwestliche Strömung hervor und erreicht ihr Maximum im Januar.

Im allgemeinen zeigt sich in den Zahlen, dass in den Wintermonaten zwei wenn auch nicht gleich starke, so doch angenähert gleiche Strömungen vorhanden sind, mit SW- und mit NW-Richtung, (Dezember, Januar, Februar, März), während die Periode des sommerlichen Monsuns eine fast ganz einheitliche Strömung hervorruft. Letztere ist aber nach der Zahl der bezüglichen Monate von kürzerer Dauer als die Periode der NO-Monsuntrift.

Gelbes Meer: Von Dezember incl. bis April incl. herrscht das einfache Schema vor derart, dass im Westen das (kalte) Wasser nach Süden abfliesst, im Osten ein Zweig des Kuro-shiwo, die Gotô-Quelpartströmung in das Meer in NW-Richtung hineinsetzt, ohne die koreanische Westküste im allgemeinen zu bespülen.

Im Mai findet die erste Veränderung statt: die Gotô-Quelpartströmung geht unter Korea näher an Land, weil das kalte abfliessende Wasser mehr nach der Mitte der See drängt, und letzteres wieder ist veranlasst durch jetzt auftretende nördliche Versetzungen längs der chinesischen Küste.

Im Juni und Juli ist noch dasselbe Schema, aber die südliche Strömung wird immer unbedeutender. Die Strömungen sind jetzt überhaupt wenig deutlich ausgeprägt.

Im August ist die südliche Richtung in der Mitte ganz verschwunden, nördliche Versetzungen dominieren unter dem Einflusse der SO-Winde; Abfluss dicht unter Land auf beiden (?) Seiten.

Im September finden wir bereits wieder Veränderungen infolge der nach O und N herumgehenden Winde: die Gotô-Quelpartströmung ist nur sehr schwach; südliche Versetzungen von Kap Shantung ab im östlichen und mittleren Teile der See, ein nördlich gerichteter Neerstrom an der chinesischen Küste. So bleibt es bis einschliesslich November.

Alle beobachteten Versetzungen sind während des ganzen Jahres durchschnittlich nur gering.

Japanisches Meer: Es besteht eine grosse Ähnlichkeit mit dem Gelben Meere hinsichtlich der geringen Stärke der Versetzungen, aber dieselben sind in der Japansee etwas einfacher.

Von September (?) an bis März einschliesslich finden wir in einfacher Weise die warme Tsushimaströmung im O nach N, den kalten Limanstrom im W nach S setzend. Von April an gewinnt die warme Strömung insofern die Oberhand, als sie mit steigender Erwärmung das Wasser der Limanströmung immer weiter nordwärts zurückdrängt, von der Koreastrasse hinweg bis nach Wladiwostok hinauf im April und Mai, vom Mai an noch etwas über die Breite von Wladiwostok hinauf.

Kuro-shiwo-Gebiet: Hier haben wir zwei sehr verschieden grosse Perioden zu unterscheiden: 1. September bis Juni, 2. Juli und August.

Von September an bis Juni ist östlich vom Meridiane von Yokohama die Richtung des Stromes NO bis ONO, im Juli und August dagegen recht N, bisweilen sogar mit kleiner westlicher Komponente.

Die verschiedene Länge der zwei Perioden erklärt sich aus dem Überwiegen nördlicher Luftströmungen; die SO-Winde des Sommers, welche den Strom an Land treiben, sind zeitlich und auch der Stärke nach geringfügiger; man kann aber zur Sommerperiode mit ziemlicher Berechtigung auch grosse Teile des Juni einer- und des September anderseits hinzurechnen.

Während der langen Periode des nordöstlichen Strömens haben wir deutlichen Neerstrom süd- und westwärts längs der Nipponküste von Kingkuasan über Inaboye Saki bis zum Kiikanal, derselbe nimmt von April bis Juni auf der Strecke Yokohama—Oshima oft die sehr gefährliche NW-Richtung an.

Der Neerstrom verschwindet ganz während der kleinen Periode auf der Strecke Kinkuasan — Inaboye Saki im Juli und August, fast ganz auf der Strecke Yokohama—Oshima.

Der kalte polare (Kurilen-)Strom endet von Februar bis April einschliesslich auf 38° Br. und etwa 143° bis 145° L., im Mai auf 42° Br. und 147° L., im Juli auf etwa 45° Br. und 150° L. und ist im August ganz aus unserem Gebiete durch den Kuro-shiwo verdrängt.

Er erscheint infolge des sehr grossen Beharrungsvermögens des Kuro-shiwo deutlich erst wieder im Januar.

Das Kuro-shiwo-System selbst besteht aus zwei Teilen, dem Formosastrome (zwischen Formosa und Meiacoshima), der im weiteren Verlaufe den eigentlichen Kuro-shiwo ausmacht, und der östlicher verlaufenden Boninströmung. Letztere ist besonders deutlich ausgeprägt im Herbste und Winter, im Herbste östlicher verlaufend (östlich von den Boninінseln), im Winter westlicher (westlich von den Boninіnseln). Im Frühjahre und Sommer ist der Kuro-shiwo selbst so ausgedehnt, dass die Vereinigung beider Teile innerhalb des hier behandelten Gebietes nicht stattzufinden scheint, sondern östlich von 150° östl. L.

Als wichtigstes Ergebnis ist die nunmehr durchaus gesicherte Thatsache aufzustellen, dass der Kuro-shiwo (Formosastrom) östlich der Inselreihe Meiacoshima und Lu-Chu nicht geht, sondern sich erst nach Passierung der Colnet- und van Diemensstrasse ausbreitet.

Doch gehen auch südlicher, als die Colnetstrasse gelegen ist, einzelne kleine Zweige warmen Wassers in den offenen Pazifischen Ozean hinaus, dann aber mit Ost- bis Südost-Richtung.

Im allgemeinen ist schliesslich zu bemerken, dass wir dergestalt eine ganz ungefähre Breite des Kuro-shiwo erhalten:

1. Zwischen Formosa und Meiacoshima nicht ganz 100 Sm.,

2. auf 30° Br. vor den Strassen nach Osten schwankend zwischen 200 und 260 Sm., darauf folgt das Hindurchdrängen durch die Strassen und dann die gewaltige Ausdehnung in Nord-Süd-Richtung.

3. im Winter unter 133° L. etwa 250 Sm., unter 140° L. etwa 330 Sm.; 4. im Frühlinge unter 133° L. etwa 300 Sm., unter 140° L. etwa 420 Sm.; 5. im Sommer unter 133° L. etwa 300 Sm., unter 140° L. bis 500 Sm.; 6. im Herbste unter 133° L. etwa 300 Sm., unter 140° L. etwa 400 Sm.

Es erübrigt noch, die viel diskutierte Frage nach der Beständigkeit und Geschwindigkeit des Stromes zu berühren.

Sehr häufig wird die ausserordentliche Abhängigkeit des Stromes vom Winde betont, seine leichte Veränderlichkeit infolge von Änderungen der Winde.

„Wir gestehen“, sagt Verf., „dass wir uns etwas skeptisch zu letzterem Punkte verhalten; im besonderen die Versetzungen südlich von O glauben wir als ein in der Natur des Stromes und seines Vordringens durchaus begründetes und notwendiges Element erwiesen zu haben. Die Versetzungen südlich von O unter dem Meridiane von Oshima sind sogar die Regel in den Monaten des NW-Monsuns.

Der Strom schreitet, gerade wie ein Strom des Festlandes, nicht in gerader Linie vor infolge der an seinen Grenzen wehenden NW- und NO-Winde; viele „Unregelmässigkeiten“ kommen auch auf Rechnung des in den einzelnen Monaten verschieden ausgebildeten Neerstromes dicht unter Land.

Thermisch ist jedenfalls die Kontinuität des Stromes durchaus erwiesen.

Der hemmende Einfluss des NO-Monsuns erweist sich als sehr geringfügig, er äussert sich wesentlich in Einengung des Strombettes und verursacht dadurch wieder wenn nicht eine Beschleunigung, so doch eine Kompensation des etwaigen Verlustes an Geschwindigkeit.

Da der Wind des Sommers an der japanischen Küste östlich von Süd und nicht westlich von Süd ist, bewirkt derselbe nur eine Richtungsänderung des Stromes, so dass also auch dies Moment für eine etwaige Steigerung der Geschwindigkeit wegfällt.

Die Journale weisen auch in dieser Frage im Sommer keine durchgehend grösseren Versetzungen auf als im Winter. Irgend welche absolute Zahlenangaben über Geschwindigkeit des Stromes zu machen, lehnen wir ab, weil dies näher untersucht werden muss; wir können nur auf die ganz rohen Werte, die in den Handbüchern stehen, verweisen.

Die grösste Veränderung zeigt der Kuro-shiwo in seiner Ausdehnung östlich von Nippon in Nordrichtung; hier schwankt dieselbe in den Jahreszeiten bedeutend (siehe die Grenzen im Originale unter den südlichen Grenzen des Kurilenstromes). Aber das Zurückweichen und Vordringen erfolgt hier durchaus nicht übereinstimmend mit dem Eintreten, bez. Aufhören des NO-Monsuns, sondern ist so verschieden davon, dass der kalte Kurilenstrom als der verursachende Faktor anzusehen ist; derselbe ist aber nach Ausdehnung und Lage wesentlich durch die Winde höherer Breiten und durch thermische Verhältnisse bedingt.

Den Einfluss des Kuro-shiwo auf das Klima von Japan halten wir — mit Woeikoff — für ausserordentlich geringfügig, gerade wie denjenigen des Golfstromes für Nordamerika. Die winterlichen NW-Winde verhindern jeden Übertritt der über dem Strome lagernden

Luftmassen. Im Sommer hat Japan wegen der Nähe von Asien sehr kontinentales Klima.

Es ist nicht die Ostküste Nippons die durch Einflüsse des Meeres begünstigte, sondern die Westküste infolge des dort verlaufenden warmen Tsushimastromes; die NW-Winde führen von dieser Strömung die warme Luft hinweg, gerade auf die Insel hin.

Diese Thatsache ist schon von Woeikoff und Hann ausser allen Zweifel gesetzt.

Ein etwaiger erwärmender Einfluss des Kuro-shiwo selbst müsste, wenn er vorhanden sein sollte, an der NW-Küste Nordamerikas aufgewiesen werden."

Unterschiede zwischen Luft- und Wassertemperatur in der Chinasee und den angrenzenden Gewässern. In einer Arbeit von Köppen[1]) wurde am Schlusse auf einen merkwürdigen Umstand aufmerksam gemacht, nämlich, dass nach der neuesten eingehenden Untersuchung der Temperatur des Wassers diese im August und November an den Küsten von Luzon und Borneo um 2° höher ist als die der Luft auf den benachbarten Küstenstationen. Köppen wirft die Frage auf, ob die relativ geringe Tiefe dieser Meeresteile oder die starken Monsunregen an den gebirgigen Küsten oder beide Ursachen zusammen das Bedingende zu dieser Erscheinung sind, worauf man bis dahin eine Antwort zu geben noch nicht im stande ist. Der Beantwortung dieser Frage gilt eine Arbeit von Karl Seemann[2]).

Zunächst wird konstatiert, dass in der Chinasee nicht allein im August und November ein erheblicher Unterschied zwischen Luft- und Wasserwärme an der Grenze zwischen Land und Meer sich ergiebt, sondern dass dieser Unterschied, wenn auch nicht überall, so doch im Osten der Chinasee und in Singapore — obgleich nicht völlig so bedeutend — auch im Februar und Mai vorhanden ist. Doch bietet dieser Unterschied im Winter nicht so viel Bemerkenswertes, da dann überall in einiger Entfernung vom Äquator das Land kälter ist als die See.

Der Verf. entscheidet die Frage, ob die Unterschiede zwischen Luft- und Wasserwärme an den Küsten allein oder auch in der Mitte der Chinasee vorhanden sind, dahin, dass im August die Luft in der Mitte der Chinasee noch wärmer ist als das Wasser, und sich hier also ein Gegensatz zu den Beobachtungen an den Küsten vorfindet. Im November dagegen ist auch hier das Wasser wärmer als die Luft, jedoch ist der Unterschied erheblich kleiner als an den Küsten. Der Unterschied in den Temperaturen zu Gunsten der Luft in der Mitte der Chinasee im Augustmonate ist um so auffallender, als in

---

[1]) Klein. Jahrbuch, 2. p. 236.
[2]) Annalen der Hydrographie 1892. 2. Heft p. 57.

den Beobachtungsreihen mehrfach Regenfälle verzeichnet sind, die die Luftwärme mehr erniedrigen als die Wasserwärme. Auch die 4 Uhr morgens angestellten Beobachtungen, wo die Lufttemperatur doch am niedrigsten ist, lassen nur einen ganz geringen Überschuss der Wasserwärme über die Luftwärme erkennen, der natürlich am Tage wieder vollständig aufgehoben wird.

Diesen Überschuss der Luftwärme im August in der Mitte der Chinasee über die Wasserwärme ist nach dem Verf. nicht anders zu erklären, als dass die Stromwirbel, die an den Untiefen in der Chinasee vielfach auftreten, die Wasserschichten so durchwühlen, dass das tiefere, kühlere Wasser sich mit dem Oberflächenwasser derartig mischt, dass ein Sinken der Oberflächentemperatur die Folge ist.

An den Küsten finden wir überall im August die Wassertemperatur über der Lufttemperatur liegen.

Der Verf. zeigt nun, dass einerseits Strömungen und anderseits Regenfälle in der Nähe der Küste diesen Unterschied zu Gunsten der Wassertemperatur bewirken. „Die Unterschiede zwischen Luft und Wasser sind, nach dieser Untersuchung, frei von den Küsten in der Chinasee, ebenso wie im Indischen Ozeane und Atlantischen Ozeane, fast gleich Null zu setzen, an den Küsten der Chinasee aber mit Ausnahme von Saigon im Februar und Mai ist die Lufttemperatur auf dem Meere höher als auf dem Lande. Für die praktische Schiffahrt hat diese Untersuchung noch den Wert, uns zu zeigen, dass, wo die Wassertemperatur im Tagesmittel in der Chinasee höher ist als die Lufttemperatur, das Schiff sich in einer nördlichen Strömung, wo sie niedriger ist, in einer südlichen Strömung befindet. Sowohl im August wie im November ist das Übergewicht der Wassertemperatur an den Küsten ein bedeutendes, bis zu **1.78°** im August und **1.65°** im November an der Nordküste von Celebes. In der Celebessee sowohl als in der Sulusee ist dieser Unterschied überhaupt ein ziemlich grosser, und da beide Seen verhältnismässig tief sind (**2000**, resp. **1000** *m*), so ist hierin auch schon die Antwort gegeben, dass die Flachheit der Gewässer nicht die Ursache dieser abnormen Temperaturdifferenz ist.

Das Treibeis in der Neufundlandsee. Auf Grund eines sehr reichen, durch Fragebogen zusammengebrachten Materiales berichtet H. Rodmann über die Eisverhältnisse im Nordatlantischen Ozeane[1]). Im Winter wird in den Küstengewässern von Labrador, Neufundland und am St. Lorenzgolfe eine ungeheuere Menge von Treibeis erzeugt, allein dieses Eis gelangt nur in geringen Resten in das Bereich der transatlantischen Dampferwege. Diese letzteren werden vielmehr ausschliesslich durch polare Eisberge geschnitten, die zu $^9/_{10}$ aus Westgrönland stammen. Im Durchschnitte haben diese Eisberge **20**—**30** *m* Höhe mit aufgesetzten Spitzen und

[1]) U. S Hydrogr. Office Bull. Nr. 93. Washington 1890.

Zacken, die bis zu 80 *m* emporragen, 300—400 *m* Länge, und $^7/_8$ ihrer Masse liegt unter Wasser. Diese Berge werden im Sommer von den grönländischen Gletschern ins Meer gesandt und durch die Strömung südwärts getragen. Die meisten scheitern freilich im seichten Wasser und an den Schären der Labradorküste, und nur die wenigsten gelangen bis in die Dampferwege. Nach der Bewegungsgeschwindigkeit zu schliessen, müssen die meisten Eisberge im Dezember auf den Neufundlandbänken anlangen. Das ist aber durchaus nicht der Fall, im Winter sind sie vielmehr dort sehr selten. Die Ermittelungen Rodmann's zeigen, dass die Eisberge im Herbste und Winter an der Küste Labradors festgehalten werden und erst im Frühjahre ihren Weg nach Süden fortsetzen, in Begleitung des jungen Küsteneises. Der Wind begünstigt oder hemmt die Bewegung, je nach seiner Richtung. Auf den Labradorbänken bildet sich Grundeis in 10 bis 15 Faden Tiefe, welches, emporsteigend, die Steingewichte der Robbennetze an die Oberfläche bringt. Nach Rodmann liefert das Küsteneis bei weitem mehr Schutt auf die Bänke, als die grossen Eisberge, und diese Meinung wird auch von Professor Thoulet geteilt. Für die Dampferroute beginnt die Eisgefahr nur selten vor Februar (in 46° n. Br.), meist tritt das Treibeis im März auf und erreicht im April den Rand des Golfstromes (in 42°—43° n. Br.). Gewöhnlich teilt es sich hier, ein Eisstrom geht nach Osten, das meiste Eis aber schwimmt mit der Labradorströmung nach Westen. Die meisten Berge finden sich am SO-Rande der grossen Bank, im Juli nimmt ihre Zahl etwas ab, im September sind nur noch wenige vorhanden, im Oktober verschwindet meist alles, November und Januar sind durchweg so gut wie eisfrei.

Die grösste Tiefe des Mittelländischen Meeres befindet sich zwischen 18° und 19° östl. L. auf 36° nördl. Br. und beträgt 4067 *m*. Sie hat von Cora den Namen „Magnaghitiefe" erhalten[1]).

Tieflotungen im Indischen Ozeane[2]). Bei den Lotungen des britischen Schiffs „Stork", welches mit Untersuchung des St. Lazarusbeckens beauftragt war, fand sich als grösste Tiefe 2889 *m* in 40° 37′ ö. L. v. Gr. und 9° 13.5′ s. Br. Zwischen Mozambique und Madagaskar und von Kap Amber nach Zanzibar hat der „Great Northern" behufs Kabellegung Lotungen ausgeführt und folgende Tiefen über 3600 *m* hinaus festgestellt:

					Tiefe, *m*	Bodenbeschaffenheit
42°	40′ ö. L.	14°	49′	s. Br.	3648	gelber Schlamm
43	35	15	0		3639	„
43	57	15	4		3612	„
43	44	15	18.5		3658	„
43	36	15	25.5		3658	„
45	0	13	49		3621	Korallen
47	27	12	13		3736	„
48	47	11	20		4352	„
47	54	11	3		4151	„

¹) Cosmos 1891. Nr 7.
²) Annalen der Hydrographie 1892. p. 14 ff.

							Tiefe, *m*	Bodenbeschaffenheit
47°	34′	ö. L.	10°	51′	s. Br.		4129	Korallen
47	12		10	32			4159	"
46	55		10	12			4199	Schlamm
46	24		9	51			3740	"
46	6		9	34			4060	"
45	41		9	31			4043	—
45	18		9	22			4029	Sand, Muscheln
44	50		9	11			4032	Fels
44	25		9	0			4023	"
44	3		8	49			4096	Schlamm
43	38		8	34			3903	"
43	12		8	22			3827	grauer Schlamm
42	47		8	14			3658	—
42	39		8	4			3932	—

Im Golfe von Aden fanden sich nach den Lotungen des „Chiltern" nur vereinzelt Tiefen von 3500 *m* und grösser (Maximum 3603 *m* in 53° 53.5′ ö. L. und 14° 35′ n. Br.). Dasselbe Schiff hat im Roten Meere zwischen 17° 24.5′ und 21° 30.2′ n. Br. nur an zwei Stellen Tiefen von 1700 *m* gelotet (1737 *m* in 38° 5′ ö. L. und 21° 23.5 n. Br., 1704 *m* in 38° 9′ ö. L. und 21° 17′ n. Br.). Im Meerbusen von Bengalen zwischen den Andamanen und Nicobaren hat der „Sherard Osborn" in 92° 4′ ö. L. und 8° 18′ n. Br. 5258 *m*, und zwischen 116° 38′ und 118° 53′ ö. L. sowie 11° 8′ und 13° 50′ s. Br. nur Tiefen über 5000 *m* mit dem Maximum 6205 *m* in 116° 50′ ö. L. und 11° 22′ s. Br. gelotet. Der „Recorder" lotete vom Zehn-Grad-Kanale in nordwestlicher Richtung bis vor Madras und fand dort fast überall Tiefen zwischen 3000 bis 3400 *m*, Maximum 3484 *m* in 81° 45′ ö. L. und 12° 46′ n. Br. Zwischen Zanzibar und den Seychellen fand der „Stork" als grösste Tiefe 5349 *m* in 52° 26′ ö. L. und 7° 9′ n. Br.

Die Ablagerungen am Boden der Tiefsee, nach den auf der Challengerexpedition gesammelten Proben sind von John Murray und A. F. Renard studiert worden[1]). Als Tiefseeablagerung wird alles das bezeichnet, was sich unterhalb der 100-Fadenlinie niederschlägt, im Gegensatze zu den litoralen Ablagerungen, die innerhalb der Grenzen der Gezeiten, und der Flachwasserablagerungen, welche von dieser Zone bis zur 100-Fadenlinie gefunden werden. Zu den Tiefseeablagerungen zählen zunächst solche, die gleich den litoralen und Flachwasserbildungen im wesentlichen aus dem unveränderten Detritus der Festländer und Inseln entstehen (Korallensand und Korallenschlamm, vulkanischer Sand und vulkanischer Schlamm, grüner Sand und grüner Schlamm, roter Schlamm und blauer Schlamm). Im Gegensatze zu ihnen bilden sich andere Tiefseeablagerungen als Niederschläge einer pelagischen Lebewelt und der letzten Zersetzungsprodukte von Gesteinen und Mineralien (Pteropodenschlamm, Glo-

[1]) Report of the Scientific Results of the Voyage of H. M. S. „Challenger" **19.** London 1891.

bigerinenschlamm, Diatomeenschlamm, Radiolarienschlamm, endlich der rote Tiefseethon).

Murray hat versucht, auf Grund alles überhaupt vorhandenen bezüglichen Materiales die Arealausdehnungen der einzelnen Ablagerungen zu bestimmen. Das Ergebnis kann bestenfalls nur im Rohen richtig sein, es ist aber interessant, dasselbe zu kennen.

Folgende Tabelle enthält die von Murray gefundenen Ziffern:

		Mittlere Tiefe *m*	Areal in Tausenden *qkm*
	Litorale Ablagerungen	—	162
	Flachwasserablagerungen	—	25899
Festländischer Detritus.	Korallensand	322	6622
	Korallenschlamm	1354	
	Vulkanischer Sand	445	1554
	Vulkanischer Schlamm	1891	
	Grüner Sand	822	2201
	Grüner Schlamm	939	
	Roter Schlamm	1140	259
	Blauer Schlamm	2582	37553
Pelagische Ablagerungen.	Pteropodenschlamm	1911	1036
	Diatomeenschlamm	2703	28178
	Globigerinenschlamm	3653	128250
	Radiolarienschlamm	5296	5931
	Roter Tiefseethon	4996	133350

Hiernach wird die weitaus grösste Fläche vom roten Tiefseethone (36 %) und vom Globigerinenschlamme ($34\frac{1}{2}$ %) bedeckt; überhaupt nehmen die pelagischen Ablagerungen 80 % des Meeresbodens ein, die Tiefseeablagerungen kontinentaler Herkunft nur 13 % und die Flachwasserablagerungen 7 %. „Die Verteilung der Ablagerungen auf die einzelnen Ozeane ist sehr verschieden. Der hervorstechendste Zug ist der Gegensatz zwischen dem Atlantischen und dem Pazifischen Ozeane. Im Atlantischen Ozeane herrscht der Globigerinenschlamm vor, inmitten dessen der rote Tiefseethon inselförmig in den tiefsten Einsenkungen erscheint. Umgekehrt dominiert im Pazifischen Ozeane der rote Tiefseethon bei weitem, und der Globigerinenschlamm kommt nur inselförmig vor. Das Gebiet des Diatomeenschlammes ist das südliche Eismeer, soweit dessen Boden nicht vom Detritus der antarktischen Landmassen bedeckt ist.

Die Entstehungsart der Ablagerungen ist bekannt; wie ein feiner Regen sinken fortwährend festländische Schlammteile, Zerreibsel von Bimsstein und Kiesel- und Kalkskelette von pelagischen Lebewesen auf den Boden des Meeres. Je nach dem Überwiegen der einen oder der anderen dieser zu Boden sinkenden Substanzen bildet sich die eine oder die andere Ablagerung. Das unter solchen Verhältnissen von scharfen Grenzen zwischen denselben keine Rede ist, sondern die eine Bildung ganz allmählich in die andere übergeht, liegt auf der Hand. Dabei zeigt sich sehr deutlich ein allmähliches Verschwinden des Kalkes in den Ablagerungen mit zunehmender

Tiefe. Das lehren folgende Zahlen (die Faden sind in Meter umgerechnet):

Tiefe m	Zahl der Proben	Gehalt an $CaCO_3$ in Prozenten
1830—2745	24	70.9
2745—3660	42	69.6
3660—4575	68	46.7
4575—5490	65	17.4
5490—6405	8	0.9
6405—7320	2	0.0
über 7320	1	Spuren

Diese Erscheinung giebt den Schlüssel für die Verbreitung des Globigerinenschlammes und des roten Tiefseethones. Die Foraminiferenschalen gelangen nicht in die tiefsten Tiefen des Ozeans, weil sie hier vom kohlensäurereichen Wasser aufgelöst werden."

Was die Entstehung des roten Tiefseethones anbelangt, so wird dieselbe von Murray und Renard auf die Zersetzung terrestrischer Aluminiumsilikate zurückgeführt.

9. Quellen und Höhlen.

Die warme Quelle im Lago di Garda. Etwa 285 *m* von der Halbinsel Sermione tritt am Grunde des Gardasees aus einer Spalte des Kreidekalkes eine warme Quelle von 60° C. Temperatur hervor. Die Tiefe des Sees beträgt an jener Stelle 17 *m*. Neuerdings ist es gelungen, dieselbe zu fassen und ans Land zu leiten[1]).

Wasseranalysen von Quellen. Die Römerquelle bei Prevali in Kärnten ist von A. Jolles analysiert worden[2]). Sie enthält doppeltkohlensaures Natrium 14.214, doppeltkohlensaures Calcium 3.874, freie Kohlensäure 28.897. Das Wasser ist besonders reich am Ca-Dicarbonat und freier Kohlensäure, enthält aber nur minimale Mengen Eisen und Sulfate.

Die Kaiser Friedrich-Quelle in Offenbach, eine 1888 in 249 *m* erbohrte artesische Therme, liefert pro Stunde 60 *hl* Wasser von 19.2° C. Sie ist nach C. Rüger von allen bekannten Mineralquellen am reichsten an Lithiumdicarbonat[3]). Zahlreiche Quellen von Vichy, Hauterive und andere sind von F. Parmentier auf Aluminium untersucht worden[4]), und wurde in allen Wässern dieses Metall gefunden. Der Gehalt pro Liter schwankt zwischen 0.001 und 0.015.

Die Mineralquelle von Monte di Malo ist durch P. Spica untersucht worden[5]). Ihre Temperatur beträgt 15.6° C., und sie liefert pro Stunde 60 *l* Wasser. Der Gehalt des Wassers an Gasen und gebundenen Stoffen wird a. a. O. genau angegeben.

Das sogenannte Anseifen der Geyser im Yellowstone

---

[1]) Boll R. Com. Geol. d'Italia **20.** p. 288.
[2]) Chem. Centralbl. 1892 **2.** p. 850.
[3]) Chemiker-Zeitung 1892 **16.** p. 1124.
[4]) Chem. Centralbl. 1892 **2.** p. 496.
[5]) a. a. O. p. 130.

Nationalparke. Dr. K. Diener teilt hierüber folgendes mit[1]: „Im Sommer 1885 entdeckte ein Chinese, der mit der Reinigung der Wäsche der Besucher des Hotels im Upperbassin des Yellowstonepark beauftragt war, zufällig, dass das Hineinwerfen von Seife in den Geyser, dessen Wasser er bei seiner Beschäftigung benutzte, Eruptionen hervorzurufen im stande war. Diese Entdeckung wurde alsbald von den Touristen im Parke in einer Weise ausgenützt, dass die Regierung, um eine fortwährende Verunreinigung der Geyser und Störung ihrer normalen Thätigkeit zu verhüten, genötigt war, das Hineinwerfen jeder Art von Gegenständen in dieselben auf das strengste zu verbieten und mit schweren Strafen zu belegen. Noch bevor das Gesetz in Kraft trat, waren wissenschaftliche Untersuchungen über die Ursache des Phänomens angestellt worden. Im Oktober 1888 legte Dr. Raymond der Versammlung des American Institute of Mining Engineers in Buffalo einen Bericht über das sogenannte „Anseifen“ von Geysern vor, und im Februar 1889 hielt Arnold Hague, der seit einer Reihe von Jahren die geologischen Aufnahmen im Parke leitet, vor einer Versammlung derselben Korporation in New-York ebenfalls einen Vortrag über diesen Gegenstand. Die Teilnehmer des V. internationalen geologischen Kongresses in Washington hatten im vorigen Jahre Gelegenheit, anlässlich eines Besuches des Yellowstone Nationalpark unter persönlicher Führung von Hague und Iddings u. a. auch über das in Rede stehende Phänomen eingehende Mitteilungen zu erhalten. Da desselben, soweit dem Referenten bekannt, in geologischen Zeitschriften bisher nicht gedacht wurde, so dürfte eine kurze Beschreibung der Erscheinung an dieser Stelle nicht ohne Interesse sein.

Hague wendete bei seinen Versuchen konzentrierte Kalilauge an, die sich bisher als das stärkste unter den künstlichen Reizmitteln zur Herbeiführung einer Eruption erwiesen hat. Am besten gelangen die Versuche am Bre-Hive, der durch die ausserordentliche Unregelmässigkeit seiner normalen Eruptionen sich auszeichnet. Dieser Geyser besitzt einen 4 Fuss hohen Sinterkegel, dessen obere Öffnung 3 Fuss im Durchmesser hält, während am Boden des Kegels der Eruptionskanal nur noch eine Breite von 10 Zoll aufweist. Bei diesem Geyser füllt sich das Steigrohr nach der Eruption sehr rasch neuerdings mit heissem Wasser, aber dieses kann tage- und selbst monatelang über dem Siedepunkte stehen, ohne dass ein neuer Ausbruch erfolgt. Waren jedoch einem solchen günstige Bedingungen vorhanden, to trat die Eruption in der Regel schon 10—15 Minuten nach der Einführung von Kalilauge ein. Ganz verschieden verhielt sich Giantess, der grossartigste Geyser des Upperbassin. Ihr Kessel von elliptischem Querschnitte (Länge der grossen Achse 20—30 Fuss, der kleinen 15—20 Fuss) und 30 Fuss Tiefe, steht mit einem zweiten tieferen Reservoir in Verbindung, das erst in 61 Fuss Tiefe zu enden scheint. Bei einer Eruption entleert sich das Becken voll-

[1]) Gaea 1892. p. 421.

ständig, und es vergeht mindestens eine Woche, ehe sich dasselbe wieder mit heissem Wasser füllt. Bei diesem Geyser ist niemals eine Reaktion auf Kalilauge beobachtet worden, ebensowenig bei Giant, obwohl Hague an dem letzteren seine Experimente unter den für einen Ausbruch denkbar günstigsten Bedingungen vornahm, der Geyser seit Monaten keine Eruption gehabt hatte und sich bereits im Zustande lebhafter Aufregung befand und fortwährend kleine Wassersäulen auswarf. Hingegen wurden gute Erfolge mit dem „Anseifen“ bei Monarch im Norrisbassin erzielt, der einen von den bisher erwähnten Geysern wesentlich verschiedenen Typus repräsentiert, weit jüngerer Entstehung ist, und dessen Eruptionskanal durch die Kreuzung von zwei Spalten im rhyolitischen Grundgebirge gebildet wird.

Ein neuer Höhlentypus. F. Kraus beschreibt[1]) eine merkwürdige, von E. A. Martel wieder aufgefundene Höhle, deren Existenz bereits in Vergessenheit geraten war, und für die es in der ganzen Fachlitteratur kein Analogon giebt. „Es ist dies eine schachtförmige Basalthöhle, die mit einem dolinenartigen Trichter beginnt, dessen Entstehung wohl leicht durch successive Abböschung einstiger Steilränder zu erklären ist. Am Grunde öffnet sich der schmale Schlund (4 *m* im Durchmesser) und führt nach kaum $2^1/_2$ *m* in einen grossen Hohlraum, der einem umgestülpten Trichter gleicht und in seiner grössten Ausdehnung an 50 *m* misst. Wäre das Gestein Kalk, so liesse sich diese Form leicht erklären; im Basalte ist dies aber nur mit der Annahme möglich, dass man es mit einem einstigen Blasenraume zu thun habe, so dass die Höhle als eine ursprüngliche betrachtet werden müsste. Unter den bekannten Basalthöhlen besitzt keine eine ähnliche Form, und die Sache wird dadurch noch komplizierter, dass am Grunde der Höhle Wasser und darüber eine 5 *m* hohe Schicht irrespiraler Gase (Martel sagt Kohlensäure) angetroffen worden ist. Es war selbstverständlich nicht möglich, den Grund der Höhle zu erforschen; soweit man aber den Raum von der Strickleiter aus übersehen konnte, hat er keinerlei Fortsetzung. Es entsteht nun die Frage, ob das Wasserbecken mit irgend einer Quelle in Verbindung steht, und ob das Wasser selbst Kohlensäure enthält, oder ob diese durch Spalten aus dem Erdinneren in die Höhle gelangt. In beiden Fällen hätte man es mit einem letzten Reste vulkanischer Thätigkeit zu thun, die im Basaltgebirge wohl nicht überraschen dürfte. Sehr merkwürdig sind auch die Temperaturen in der Höhle, die auffallend rasch gegen die Tiefe zu sinken. Martel stellt folgende Skala auf:

Aussentemperatur	+ 10.5° C.
$2^1/_2$ *m* unter der Mündung	+ 6 „
4 „ „ „ „	+ 2.25 „
6 „ „ „ „	+ 2.25 „
9 „ „ „ „	+ 2.25 „

[1]) Petermann's Mitteilungen 1892. p. 244.

14 *m* unter der Mündung	+ 2.25° C.
20 „ „ „ „	+ 1 „
Wassertemperatur am Grunde	+ 1.5 „

Die niedrige Temperatur scheint ein Resultat der Verdunstung des Wassers zu sein und kann nicht (wie Martel annimmt) von aufgespeicherter Winterkälte herrühren. Letztere Theorie ist durch die Fischer'schen Berechnungen über die Temperaturen in der Dobschauer Eishöhle längst mathematisch widerlegt; es muss wohl zur Erklärung der abnormen Temperaturen im Creux-de-Souci eine andere Theorie herangezogen werden. Dass auch in dieser Höhle arge Temperaturschwankungen stattfinden, erhellt aus einer älteren Messung, aus welcher nachstehende Reihe aufgestellt werden kann:

Aussentemperatur	+ 20° R.	= 25° C.
Wassertemperatur	+ 5 „	= 6.25 „

Dagegen glaubte man damals (1770), am Grunde fliessendes Wasser zu bemerken, während es nach Martel stagniert und daher nur von lokaler Infiltration herrühren kann.

Über die französischen Höhlen, besonders diejenigen von Padirac und von Han, verbreiteten sich auf Grund vielseitiger Untersuchungen L. de Launay und E. A. Martel[1]). Sie kamen zu folgenden Ergebnissen: 1. Alle untersuchten Höhlen befanden sich in festem, aber stark zerklüftetem Kalksteine, wie solches auch in Krain und Istrien der Fall ist. 2. Horizontaler Schichtung entsprechen Trichter und unterirdische Galerien, mit Erweiterung in den Knickungen, welche durch Überspringen der Erosion auf ein anderes Kluftsystem entstanden sind. Geneigter Schichtenlage entsprechen Weitungen, durch Abbröckeln des Hangenden entstanden. 3. Der Trichter von Padirac ist durch den Einsturz der Decke einer Weitung entstanden. Die Form eines umgekehrten Trichters, die an Weitungen in horizontal geschichtetem Gesteine häufig angetroffen wird, ist nicht, wie Meunier dies will, durch chemische Korrosion, sondern durch Ausschleifen nach Art der Gletschermühlen zu erklären. 4. In keiner der untersuchten Höhlen wurde Konzentration anderer Substanzen als von eisenreichem Thone wahrgenommen. Die Beobachtungen geben demnach auf die Frage, ob in Hohlräumen gegenwärtig noch Absatz von Erzen statthabe, eine verneinende Antwort.

Eine neue Eishöhle. E. A. Martel berichtet[2]) über eine jüngst untersuchte neue Eishöhle auf dem Plateau von Langres:

In 15 *km* Entfernung nördlich von Dijon, 1.5 *km* nördlich von dem Dorfe Pasques, mitten in dem gleichnamigen Thale findet sich in dem unteren Jurakalke in 475 *m* Höhe eine Öffnung, welche man Abîme du Creux-Percé nennt. Man hielt diese Höhle für unergründlich und glaubte, dass sie mit gewaltigen unterirdischen Hohlräumen

---

[1] Bull. de la soc. géol. de la France. **19.** 1891. p. 142.

[2]) Compt. rend. **114.** Nr. 21.

im Zusammenhange stehe. An einer Stelle konnte man von aussen stalaktitenförmige Eissäulen wahrnehmen, welche niemals schmolzen; bestiegen war die Höhle noch niemals.

Martel unternahm am 24. und 28. März 1892 mit einigen Mitgliedern des Alpenklubs die genaue Erforschung derselben und fand folgendes:

Die ganze Tiefe der Höhle beträgt nur 55 *m*, die Öffnung ist 40 *m* lang und 20 *m* breit, an der engsten Stelle in etwa $^2/_3$ ihrer Tiefe wurden 10 *m* und 5 *m* als Durchmesser gefunden, am Grunde 15 *m* und 12 *m*; der Boden ist glockenförmig ausgetieft. Ein Würfel oder Kegel von Felsblöcken, welche von der Oberfläche hineingestürzt sind, bedeckt den Grund, welcher nur kleine Spalten, aber weder eine Verbindung mit weiteren Hohlräumen, noch einen unterirdischen Wasserlauf aufweist.

Unter dem durch die oben genannte Verengung bewirkten Felsvorsprunge findet sich an der Nordwand des unteren Höhlenabschnittes eine Art Vorhang von reinem, durchsichtigem Eise, welcher an vielen Stellen Säulen von 10 bis 15 *m* Höhe enthält. Die ganze Höhle wird durch das hineinfallende Tageslicht vollkommen erhellt, welches wegen der vertikalen Erstreckung derselben und wegen der Weite der äusseren Öffnung ungehindert eindringen kann. Die Eismassen befinden sich daher gewissermassen unter offenem Himmel im Gegensatze zu den übrigen bekannten Eisgrotten im Jura, den Alpen und den Karpathen.

Am 28. März wurde die Lufttemperatur am Grunde der Höhle mit —1° C., an der Öffnung mit 14° C. gemessen. Alle Spalten der tieferen Wandungen waren mit hartem, durchsichtigem Eise ausgefüllt, die geneigten Teile der letzteren waren gänzlich mit Schnee oder Glatteis bedeckt; nicht der geringste Luftzug war in der Tiefe fühlbar.

Martel fügt dieser Beschreibung die Bemerkung hinzu, dass, da die Theorie der natürlichen Eishöhlen noch so unsicher sei, eine Erklärung der Erscheinung besser unterbleiben solle.

Dr. Assmann bemerkt hierzu[1]: „Wir können indes nicht umhin, gerade die Verhältnisse dieser Eishöhle als eine Bestätigung derjenigen Theorie anzusehen, welche annimmt, dass keinerlei durch chemische Vorgänge oder die Verdunstung bewirkte Temperaturerniedrigung das Eis erzeuge, sondern dass es allein die während des Winters eingdrungene eiskalte Luft sei, welche auch während des Sommers am Grunde der Höhlen verharrt. Die niedrigen Wintertemperaturen des Plateaus von Langres sind bekannt genug — die deutsche Armee hat dieselben im Winter 1870/71 deutlich erfahren — im Thale von Pasques sammelt sich die eiskalte schwere Winterluft, ausserdem aber noch die in jeder klaren Frühjahrs- und Herbstnacht durch Ausstrahlung unter den Gefrierpunkt erkaltete Luft, an den tiefsten Stellen an, wobei sie die vorhandene wärmere und leichtere verdrängt Die 40 *m* lange und 20 *m* breite, trichterförmige Öffnung der in diesem Sammelbecken kalter Luft gelegenen Höhle wird daher sicherlich die kälteste Luft einströmen lassen, welche sich nun, der Schwere ge-

[1]) Das Wetter 1892. p. 218.

horchend, auf dem Grunde ausbreitet und allmählich unter Verdrängung der wärmeren Luft die ganze Höhle ausfüllt. Nun werden die Felswände durch Leitung mehr und mehr die niedrige Temperatur der Luft selbst annehmen und dadurch sozusagen zu einem „Kälte-Reservoir" werden, dessen sommerliche Erwärmung vornehmlich nur von oben nach unten, also in der ungünstigsten Weise fortschreiten kann. Die Thatsache, dass Glatteis nur die Felsen der geneigten Seitenwände bedeckt, weist auf die niedrige Temperatur der Wandungen selbst unzweifelhaft hin, da nur flüssiges Wasser bei Berührung eiskalter Körper Glatteis bilden kann. Wir müssen deshalb annehmen, dass das während der wärmeren Jahreszeit eindringende Regenwasser an den kalten Wandungen erstarrt. Ebenso zeigt das Vorkommen von Schnee an, dass derselbe hier vom Winter her konserviert worden ist

Besonders aber wird die im unteren Dritteile vorhandene Verengerung der Höhle auf 10 *m* und 5 *m* dazu beitragen müssen, dass ein Luftaustausch im vertikalen Sinne während des Sommers erschwert wird, da bei dem Fehlen jeder Ventilation für die unten liegende schwere Luft kein Grund vorliegt, in die Höhe zu steigen. Die Wirkung der Sonnenstrahlen und der warmen Sommerluft dringt aber nur bis zu dieser Verengerung ein. Charakteristisch ist ferner noch die Thatsache, dass allein die Nordwand der Höhle die Eisbildungen zeigt, also diejenige Seite, welche der Besonnung am meisten entzogen ist

Die Entstehung der Eisstalaktiten wird man sich in der Weise vorzustellen haben, dass die im Winter in dem oberen Teile der Höhle angesammelten Schneemassen unter dem Einflusse der hineinscheinenden Sonne oder der wärmeren Frühjahrsluft schmelzen, das Schmelzwasser an den Wänden hinabläuft, weiter unten erstarrt und nun in derselben Weise Eiszapfen bildet, wie wir dies unter gleichen Umständen alljährlich an unseren Dächern wahrnehmen. Später wird auch das hineinfallende Regenwasser demselben Vorgange unterliegen, solange die Felswände an der Verengerung und die in der Tiefe befindliche Luft unter dem Gefrierpunkte temperiert sind. Allmählich werden fernerhin diejenigen Eismassen abschmelzen, welche sich an den der Sonnenwirkung ausgesetzten Wandungen gebildet haben, während die der Nordwand bestehen bleiben.

Die Höhle von Creux-Percé eignet sich vermöge ihrer, wie es scheint, bequemen und gefahrlosen Zugänglichkeit ganz besonders zur eingehenden Ermittelung der einschlägigen Verhältnisse Es würde demnach sehr zu wünschen sein, dass die Sektion Dijon des Alpenklubs einige registrierende Thermographen in derselben aufstellen und regelmässig bedienen liesse. Wenn solche sowohl am Grunde der Höhle als auch dicht unter und über der verengten Stelle, sowie in der Nähe des Ausganges, etwa auf Leitern, angebracht werden könnten, so würde ohne Zweifel Material gewonnen werden, welches das nicht zur Ehre der Wissenschaft immer noch über den Vorgängen bei der Eishöhlenbildung schwebende Dunkel zu lichten geeignet wäre. Es kann aber keinen Schwierigkeiten unterliegen, Thermographen zu konstruieren, welche längere Zeit, etwa einen Monat lang, ohne neue Bedienung funktionieren, also die Mühewaltungen der Forschung auf ein geringes Mass erniedrigen."

10. Flüsse.

Die Herleitung der Wasserbewegung in einem Flusse aus beobachteten Regenmengen ist von Dr. Schreiber behandelt worden[1]), indem er als geeignetstes Objekt zu dieser Untersuchung die Elbe wählte. In Böhmen kommt nämlich bereits auf je 75 *qkm*

[1]) Mitteilungen d. Vereins f. Erdkunde in Leipzig 1891. p. 76 u. ff.

eine Regenstation, in Sachsen auf 100 *qkm*. Während man so ein reiches Material zur Ermittelung der gesamten auf dem Gebiete des Königreichs Böhmen in Regen- und Schneefällen niedergehenden Wassermengen erhält, gestatten anderseits umfangreiche Wassermessungen des Prof. Harlacher bei Tetschen, die Abflussmengen in der Elbe zu berechnen.

Die Messungen Harlacher's sind in einer besonderen Schrift publiziert worden. Angestellt waren sie in der Zeit vom Juli 1876 bis zum März 1881 worden. Der tiefste Wasserstand am Tetschener Pegel war — 0.353 *m*, der höchste 5.38 *m* über Null.

In dem Werke Harlacher's findet man eine Tabelle, welche die sekundlichen Abflussmengen bei gewissen Pegelständen darstellt. Man kann nun annehmen, dass bis zu diesem Pegel alles das Regenwasser zum Abflusse gelangt, welches auf einer Fläche von 51000 *qkm* = 51 Milliarden *qm* = 51.10^9 *qm* niedergeht, soweit es nicht verdunstet oder anderweit verbraucht worden ist. Dies gestattet, die Wasserführung statt durch Pegelstand in einem anderen Mass auszudrücken, und zwar durch eine äquivalente Niederschlagsmenge. Als solche bezeichnet Verfasser die Höhe des in 24 Stunden fallenden Regens, welche über das ganze Terrain von 51.10^9 *qm* gleichmässig verteilt, diejenige Wassermenge erzeugt, die bei dem betreffenden Pegelstande im Zeitraume von 24 Stunden zum Abflusse gelangt. Um die äquivalenten Niederschlagsmengen für die Elbe bei Tetschen zu erhalten, muss man die für den Pegelstand H gültige sekundliche Abflussmenge Q mit $24 \times 60 \times 60$ multiplizieren, wodurch man die Tagesmenge erhält. Durch Division mit 51.10^9 *qm* erhält man alsdann die äquivalente Niederschlagsmenge in Metern, woraus durch Multiplikation mit 1000 das gebräuchliche Mass der Niederschlagshöhen sich ergiebt.

Die Formel wird so einfach $h = 0.00169\ Q$.

Dr. Schreiber möchte dringend befürworten, dass man überall, wo es nur möglich ist, statt der Pegelstände in allen wissenschaftlichen Publikationen die äquivalenten Niederschlagsmengen einführt. Auch die Abflussmengen sollten stets in diesem Systeme angegeben werden.

Er spricht offen aus, dass es ihm vollständig unklar ist, was die Mittelbildung aus Pegelständen wissenschaftlich für einen Sinn haben soll.

„Ich dehne dies,“ sagt Dr. Schreiber, „auf alle Flüsse aus, an denen Pegelablesungen überhaupt stattfinden. Hier wird man überall rasch das Gefälle, die Querschnitte, die Benetzungslinien bei oder in der Nähe des Pegels messen können. Man wird aus diesen Grössen und der Natur des Flusses nach einer der bewährten Formeln die Abflussmengen berechnen, welche bei den einzelnen Pegelständen in geeigneten Abstufungen zu erwarten sind. Diese Mengen werden dann in äquivalente Niederschlagsmengen umgesetzt.

Man thut also weiter nichts, als man ersetzt die mehr oder weniger willkürliche Skala an einem in Dezimetern oder sonst einer Länge geteilten Pegel durch eine andere Skala, deren Einheiten ganz bestimmte Bedeutung haben. Mögen dann auch die angenommenen Beziehungen nicht genau sein, sie werden doch gestatten, mit Grössen zu rechnen, die eine Vorstellung von Ursache und Wirkung gestatten. Und kann man später mit genaueren Beziehungen rechnen, dann wird eine Korrektur der alten Rechnungen leichter möglich sein als jetzt."

Nach der Formel $h = 0.00169\ Q$ fand sich, dass sich folgende Beziehungen zwischen der sekundlichen Abflussmenge und der äquivalenten Niederschlagsmenge herausstellten.

Pegelstand	sekundliche Abflussmenge	tägliche Abflussmenge	
+ 5 *m*	2268 *cbm*	3.83 *mm*	äquivalente Niederschlagshöhe
+ 4 *m*	1742 *cbm*	2.94 *mm*	
+ 3 *m*	1269 *cbm*	2.14 *mm*	
+ 2 *m*	839 *cbm*	1.42 *mm*	
+ 1 *m*	435 *cbm*	0.74 *mm*	
0 *m*	161 *cbm*	0.27 *mm*	

Mittels der Publikationen der Wasserstandsbeobachtungen in Tetschen für die Jahre 1888—1890, welche jetzt der Landeskulturrat herausgiebt, konnte Verf. so die Wasserstände in äquivalente Niederschlagshöhen verwandeln. Es wurden dieselben genau in der Form zusammengestellt, in der man die Wasserstände zu veröffentlichen pflegt.

Dieselben Publikationen boten das Mittel dar, den so erhaltenen Tagesmengen des Abflusses die Regenmengen gegenüber zu stellen.

Die graphischen Darstellungen lassen nur einen schwachen Zusammenhang zwischen Regen- und Abflussmenge erkennen. Die Vermehrungen der Wasserführungen im März der beiden Jahre 1888 und 1889 werden wohl auf Konto der Schneeschmelze zu setzen sein. Nach dem Sommer zu nimmt in beiden Jahren die Wasserführung der Elbe entschieden ab, während die Niederschlagsmengen ebenso entschieden zunehmen. Erst im Herbste zeigen sich einige auffallende Schwankungen in der Wasserführung, denen entsprechende Bewegungen der Niederschlagsmengen stets etwas vorhergehen. Stark ausgeprägt erscheint das Verhältnis beider eigentlich nur im September 1890. Von besonderer Wichtigkeit ist der ausserordentlich geringe Einfluss der Regen auf die Wasserführung im Sommer. Im Juni und Juli bringen selbst wiederholte Regenfälle von 10 bis 14 *mm* mittlerer Ergiebigkeit auf dem grossen Terrain von 51×10^9 *qm*, die also 51×10^{10} *l* Wasser pro Tag mindestens zuführen, kaum einen erkennbaren Erfolg hervor. Es scheint, als ob die Regenmenge erst eine gewisse Grenze übersteigen müsse, um dann allerdings eine ganz bemerkenswerte Menge von Wasser der Elbe zuführen zu können.

Das fällt besonders bei dem Hochwasser im Anfang August 1888 auf, wo es zwei Tage hintereinander so stark geregnet hatte, dass auf den 3. August 33.1 *mm*, auf den 4. August aber 19.8 *mm* Landesmenge kommen. Da nun auch Juni und Juli schon regenreich gewesen waren, jedoch ohne der Elbe viel Wasser zuzuführen, stieg am 5. August die Wasserführung der Elbe rasch von 0.3 *mm* auf 2.2 *mm*, das ist von + 0.1 *m* auf + 3.1 *m* Pegelstand. Eine ähnliche plötzliche Anschwellung der Elbe trat am 5. September 1888 ein. Die Regenmengen, welche dieselbe erzeugten, waren lange nicht so gross, als im August, sie betrugen am 3. September 15.3 *mm*, am 4. September 10.4 *mm*. — Das eine scheint aus den Darstellungen deutlich hervorzugehen, dass im Herbste schon der Zufluss des Regenwassers zu der Elbe viel rascher stattzufinden pflegt als im Sommer. Das kann zwar an der verminderten Verdunstung liegen, Verf. ist aber zunächst mehr geneigt, die Ursache darauf zurückzuführen, dass nach der Bergung der Feldfrüchte die Erdoberfläche eine ganz andere, dem Wasserabfluss günstige Beschaffenheit erhalten hat.

Die Vergleichung der Darstellung der Wasserführungen, wie sie die zehntägigen und zwanzigtägigen Durchschnitte der Regenmengen geben, lässt erkennen, dass der ersteren wohl der Vorzug im allgemeinen gegeben werden muss.

Die aus zwanzigtägigen Durchschnitten abgeleitete Kurve erscheint schon zu stark abgeflacht. Es macht den Eindruck, als ob im Sommer für die Wasserführung die Regenverhältnisse der letzten zehn Tage massgebend sind. Nach dem Winter zu scheint aber diese Zahl der Tage etwas grösser zu sein.

Die Hydrologie der weissen Elster ist von H. Gruner dargestellt worden[1]. Dieser Fluss (früher Halstrow genannt), entspringt im westlichen Teile des Erzgebirges, dem Elstergebirge, welches sowohl orographisch wie geognostisch den Übergang vom Erzgebirge zum Fichtelgebirge vermittelt. Der vom Volke als Quelle bezeichnete Elsterbrunnen, eine schwache Gehängequelle, liegt in einer Waldschlucht des Danichwaldes in einer Höhe von 672 *m* über der Ostsee. In der nassen Jahreszeit lässt sich aber der Wasserfaden noch bis zu 700 *m* hinauf verfolgen. Der im allgemeinen eine nördliche Richtung innehaltende Bach wird durch Aufnahme zahlreicher, wasserreicher Zuflüsse vom Gebirge zum Flüsschen, so dass er von Adorf an bereits Elsterfluss genannt wird.

Der Verfasser betrachtet nach einander das Gefälle, die Geschwindigkeit und die Wassermenge der Elster als die drei Grössen, welche die Wasserführung eines Flusses völlig bestimmen.

Das Delta des Nil ist von J. Jankó untersucht worden[2]. Hiernach lassen sich keine positiven Niveauveränderungen und ebenso-

---

[1]) Mitteilungen d. Vereins f. Erdkunde in Leipzig 1891. p. 1 u. ff.
[2]) Mitt. aus d. Jahrbuch des k. ungarischen geolog. Anstalt. 8. p. 236.

wenig Meereseinbrüche in die alte Deltabildung nachweisen. Die heutige Meeresküste ist nichts anderes als eine vormalige Inselreihe, welche sich von Abukir bis Damiette ausdehnte und der heutigen Bucht vorgelagert war. Die Seen, an deren Südufer das wirkliche Deltaufer liegt, sind Reste der alten Bucht, an deren Ausfüllung der Nil ununterbrochen arbeitet. Die Nilmündungen sind nach Jankó westwärts gewandert. Man kann annehmen, dass der älteste Arm dieses Stromes über die Landenge von Suez lief.

Die hydrographischen Verhältnisse des oberen Niger sind von Leutenant G. Jaime studiert worden[1]). Der Deboësee, in welchen sich zwei gewaltige Arme des Nigerstromes ergiessen, hat die Gestalt einer Ellipse mit von W nach O reichender Längsachse von ca. 50 Meilen. Das Ostufer ist felsig, hat etwa 30 *m* relativer Höhe, wogegen das Nordufer (4—5 *m*) flach erscheint, und auch die Westseite dasselbe Aussehen hat. Das Südufer ist ganz niedrig und flach, häufigen Überschwemmungen ausgesetzt. Die beiden Nigerarme durchfliessen das Becken in geradem Zuge und verlassen dasselbe am Nordufer abermals in zwei Armen, deren jeder 50 *m* breit ist. Die mittlere Tiefe des Deboë beträgt 3 *m*. Zur Zeit des Wasserhochstandes beträgt das Gefälle am Einflusse des Stromes 4—5 Knoten, am Austritte desselben $1\frac{1}{2}$ Knoten. Die beiden Flussarme vereinigen sich nach dem Austritte aus dem See zu Safay, 250 *km* vom Deboë. Hier wird der Strom nach Aufnahme der tributären Koly-Koly und Saraijamo viel breiter. In Timbuktu tritt bekanntlich der Hochstand des Niger 6 Monate später ein als in Masina. Schon H. Barth beschäftigte sich mit dieser merkwürdigen Erscheinung. Jaime handelt über die Ursachen derselben und findet sie in einer Art Stauung der tropischen Wassermassen im flachen Süden des Sees, wo ein ungeheueres Reservoir zu entstehen pflegt, das sich nur äusserst langsam durch die verhältnismässig schmalen Nigerarme entleert. Auch am Nordrande des Sees ist der Abfall der Landschaft in der weiteren Richtung des Stromes ein ungeheuer geringer, die Ufer des Niger sehr flach, so dass nur ein langsames Abrinnen der angestauten Wassermassen stattfindet und die Verzögerung des Hochwasserstandes in Timbuktu veranlasst. In Kulikoro beginnt der Strom um den 20. September, in Mopti um den 15. Oktober, zu Safay im Dezember und in Timbuktu im Januar den höchsten Wasserstand zu erreichen. Sein Gefälle beträgt um die angegebene Zeit zu Kulikoro und Mopti 3 Knoten, beim Deboë 3.5—4 Knoten, im See selbst am Nord- und Südufer 1.5 Knoten, im Safay 1.5—2 Knoten, in Timbuktu im Oktober 2.5 Knoten. Schiffsleutenant Jaime fordert seine Landsleute in dem vorzitierten Werke auf, die hydrographischen Arbeiten den Niger abwärts weiter zu verfolgen und wenigstens bis Say, dem grossen Stationspunkte

[1]) Jaime, De Kuolikoro à Tombouctou Paris 1891.

am Niger, wo H. Barth den Strom überschritt, und wo diesen eine wichtige Karawanenstrasse kreuzt, auszudehnen.

Die Dauer der Schiffbarkeit einiger sibirischer Flüsse wird von A. v. Biberstein wie folgt angegeben[1]):

Ob	vom	27. Mai	bis	10.	Oktober
Selenga	„	8. „	„	10.	„
Angara	„	2. „	„	2.	Dezember.
Amur	„	12. „	„	12.	Oktober.

Der Baikalsee ist durchschnittlich vom 27. Mai bis 23. Dezember schiffbar.

Über das Gefrieren des Hudsonflusses in Albany macht A. Woeikof auf Grund handschriftlichen Materials von D. Draper Mitteilungen. Für das Gefrieren sind im ganzen 102 Beobachtungs-Jahre vorhanden, d. h. ununterbrochen vom Winter 1790 an und ausserdem Winter 1647, für den Aufgang 85 Jahre, d. h. Winter 1676, 1786, 1790, 1791, 1793, 1806 bis incl. 1808, 1813 von 1818 bis incl. 1890.

Die Zahlen für ganze 10-jährige Perioden und für die ganze Zeit und vom Winter 1791 sind:

Winter	Gefrieren	Eisgang	Eisdauer Tage
1791—1800	17.1 Dezember		
1801—1810	31.6 „		
1811—1820	13.9 „		
1821—1830	19.9 „	10.9 März	81.2
1831—1840	10.0 „	17.4 „	97.6
1841—1850	13.8 „	18.0 „	94.4
1851—1860	17.2 „	15.2 „	88.2
1861—1870	10.9 „	24.7 „	104.0
1871—1880	11.7 „	25.0 „	103.0
1881—1890	14.1 „	26.7 „	102.8
1791—1890	16.0 „	18.4 „	92.6

„Ich erinnere daran“, sagt Woeikof, „dass Albany unter 43° 39′ nördl. Br., also in der Breite des nördlichen Spanien, des mittleren Teiles von Korsika und Italien, des südlichsten Teiles von Dalmatien liegt, und doch im Mittel der grosse Hudsonfluss länger als drei Monate gefriert. Ausserhalb hoher Gebirge und Plateaus gefrieren Flüsse unter dieser Breite regelmässig nur in der turanischen Ebene (Amu und Syr) und in Ostasien (Oberlauf des Sungari und seiner Nebenflüsse und anderer Flüsse der Mandschurei). Im grossen und ganzen ist eine längere Dauer der Eisdecke in den letzten 30 Jahren zu bemerken, namentlich der Aufgang später als vordem. Soweit der Einfluss des Menschen massgebend ist, sollte eher eine Verminderung der Dauer der Eisdecke in unseren Tagen im Vergleiche mit früheren Perioden erwartet werden, am Anfange des Winters mag der Verkehr grosser Dampfer die

[1]) Compt. rend. Soc. géogr. Paris 1891. p. 438.

Stellung des Eises um manchen Tag verzögern, im Frühlinge erleichtern die im Eise ausgehauenen Kanäle den Eisgang. Die Eisverhältnisse des Hudson bestätigen die oft in niedrigen mittleren Breiten gemachte Bemerkung, die Winter seien strenger geworden, während bekanntlich in höheren Breiten das Gegenteil behauptet wird.“

Das Zurückweichen der Niagarafälle ist neuerdings von John Bogart studiert worden [1]). Die ersten genauen Aufnahmen fanden 1842 statt, und der Vergleich mit dem Zustande im Jahre 1890 ergab, dass der amerikanische Fall in diesem Zeitraume jährlich um 7.68 Zoll, der kanadische oder Hufeisenfall um 26.16 Zoll zurückwich. Die Kammlinie des amerikanischen Falles hatte 1842 eine Länge von 1080 Fuss, heute hat sie sich um 20 Fuss verkürzt, die des kanadischen Falles ist dagegen von 2260 auf 3010 Fuss angewachsen. Im ganzen ist nach Bogart in dem angegebenen Zeitraume von 48 Jahren auf der amerikanischen Seite ein Areal von 32900, auf der kanadischen von 275400 Quadratfuss verschwunden.

Über die Entstehung des Rheinthales macht Prof. Noll einige interessante Mitteilungen [2]). Im allgemeinen schliesst er sich der jetzt allgemein herrschenden Ansicht an, dass der Rhein im Laufe unzähliger Jahrhunderte sein Bett durch Erosion immer tiefer in den felsigen Grund eingrub, selbigen auswusch und hinwegschwemmte. So legte sich der Rheinspiegel von selbst tiefer. Zur Tertiärzeit war die mittelrheinische Tiefebene von Basel bis Bingen zwischen Vogesen und Hardt, sowie zwischen Odenwald und Schwarzwald noch ein salziges Meer, welches durch das rheinische zusammenhängende Schiefergebirge im Norden eingeschlossen und abgesperrt wurde. „Das sehen wir schon beim Eintritte des Rheines in das Gebirge bei Bingen. Der Taunus hat mit dem Hunsrück die gleiche Gebirgsformation, die gleiche Höhe; die Vorsprünge und Buchten auf beiden Seiten entsprechen sich, die Quarzadern dringen von dem einen Ufer hinüber in die jenseitigen Höhen ein, und so geht es auf der ganzen Strecke, wenn auch nicht immer so deutlich, bis Koblenz und noch weiter. Der die Höhe des Schiefergebirges überströmende Abfluss des Meeres suchte sich naturgemäss die tiefer gelegenen Stellen in seinem Laufe auf und nagte sich im Laufe langer Zeiträume mehr und mehr in das Gestein. Wo er am Nordrande des Gebirges in das Meer abstürzte, wälzte er Geschiebe und Gerölle, Sand und thonige Massen in dasselbe, erhöhte dessen Boden und schuf so das Flachland in seinem unteren Laufe. In allmählich rückschreitenden Wasserfällen und Stromschnellen arbeitete er sich tiefer in Zeiten, die sicher wasserreicher als die unseren waren, und schuf so endlich den tiefen Einschnitt, das durch Menschenhand verschönte romantische Rheinthal.“ Das älteste Bett des

[1]) Bull. Americ Geogr. Soc. 1891. Nr. 2.
[2]) Bericht der Senckenbergischen naturforschenden Gesellschaft 1892.

Rheines, welches noch breit über das Plateau des rechts und linksrheinischen Taunus ging, hat 1889 G. Grebe in den Jahrbüchern der kgl. preuss. geolog. Landesanstalt nachgewiesen, wie folgt. „Die tafelförmigen Ebenen auf den Höhen sind etwa 1 bis 2 *km* westlich und östlich des Rheines von Höhenzügen begrenzt, welche, nahezu mit ihm parallel verlaufend, die ältesten Ufer zu einer Zeit bildeten, als seine Gewässer in einem 200 bis 250 *m* höheren Bette verliefen, wie heute. Zwischen diesen Höhenzügen liegt das ehemalige Rheinthal, welches eine Breite von 3 *km* einnahm. Im Vergleiche dazu erscheint dem Beobachter das heutige Rheinthal nur als eine grosse Felsenschlucht. Diese Betrachtung kann man nur von einem Höhenpunkte machen. Besteigt man von Wellmich die 250 *m* über dem Thale befindliche Höhe am alten Schachte über dem Sachsenhauser Zechenhause, so hat man einen weiten Blick in südlicher Richtung nach St. Goar hin. Zunächst dehnen sich vom Standpunkte weite tafelförmige Terrassen aus, die zu beiden Seiten des Rheines über St. Goar fortsetzen und nur durch das hier ganz eng erscheinende, von steilen Felswänden begrenzte Rheinthal unterbrochen sind, das gleichsam eine tiefe Furche in den hohen und breiten Terrassen bildet. Westlich und östlich von ihnen gewahrt man recht deutlich die höher ansteigenden ehemaligen Rheinufer.“ Grebe fand noch die Terrassen wieder, die sich, stufenweise nach dem jetzigen Rheinspiegel hinab führend, durch das Tieferlegen des Rheinbettes bildeten. Solcher Terrassen finden sich zwischen Filsen und Dachheim drei von 60, 140 und 160 *m* Höhe über dem Rheine, bei Rhens von 60 und 140 *m*, auf dem Wege von Bacherach nach Winsberg, von 60, 80, 100 und 120 bis 140 *m* Höhe; östlich von der Loreley eine grössere tafelförmige, nur spärlich mit Kies bedeckte, und noch weiter östlich eine kleinere Terrasse von 20 bis 30 *m* Höhe. Alte Flussgeschiebe bemerkt man noch 230 *m* über dem Rheine auf einer weiteren Fläche von Petersberg nach Südosten hin; ebenso auf den Höhen von St. Goar. Prof. Noll fand in der Nähe der Ruine Rheinfels bei dem Dorfe Biebernheim an der Biegung der Fahrstrasse faustgrosse Rollsteine, wie sie der Rhein noch jetzt mit sich führt; ebendaselbst kommt eine 10 *m* mächtige Lössschicht vor, unter welcher ein Lager von Kies und feinem Flusssande ruht, welches Malermuscheln (Unio) einschliesst. „Diese Muscheln liegen etwa 200 *m* über dem jetzigen Rheinspiegel, haben also hier oben in dem ehemaligen Flusse gelebt; dieser hat sich tiefer und tiefer in das rheinische Schiefergebirge eingewühlt, hat auch mit seinen seitlichen Zuflüssen dieses zersägt und in die heutigen Gebirgsteile Taunus und Westerwald, Hunsrück und Eifel zerlegt.“ Dieses Vorkommen beweist, dass der Rhein einst in beträchtlicher Höhe strömte. Im Rheingau fand Dr. Karl Koch-Wiesbaden in ähnlichen Ablagerungen auf gleichen Höhen 34 Schneckenarten aus dem Zeitalter des Diluviums, welche zum Teile noch in derselben Gegend leben, so dass Prof. Noll auch das Alter des an der Heerstrasse von St. Goar

lagernden in die Diluvialzeit verlegt. Ob der Rhein noch in geschichtlicher Zeit sein Bett tiefer eingrub oder veränderte, wie es wahrscheinlich, ist bis heute nicht nachzuweisen.

11. Seen und Moore.

Das gruppenweise Auftreten von Seen im südlichen Tyrol wird von Prof. Damian gelegentlich einer Schilderung des Caldonazzo- und Levicosees (östlich von Trient in der Bruchlinie der Valsuganaspalte) besprochen[1]). „Man kann“, sagt er, „ohne Übertreibung behaupten, dass die Umgebung von Trient ungleich reicher an anziehenden Seen ist, als irgend eine andere der tyrolischen Städte. Im Westen der Stadt, im Sarcathale, liegt der einsame und verlassene See von Cavedine, 50 *m* tief, hinter einem mächtigen Trümmerwalle, über dessen Herkunft viel geschrieben worden ist, und der doch sicher von der nächsten Nähe stammt und einem Bergsturze sein Dasein verdankt. Nur wenige Kilometer weiter nördlich, fast im gleichen Niveau und mit jenem durch einen Kanal verbunden, finden wir den Toblinosee mit 13 *m* Tiefe, der heute noch mit dem Lago di Sta. Massenza in Verbindung steht.

Am Westabhange der Cima Cornetto, gerade oberhalb Calavino, liegt der 7 *m* tiefe Lago d'Algol auf der gleichnamigen Alpe. Steigen wir die Strasse von Toblino über Vezzano hinauf zum Sattel von Cadine, der das Etschthal mit jenem der Sorca verbindet, so gewahren wir tief unter der Strasse das Felsenbecken des Terlagosees, 14 *m* tief. Bezeichnungen, wie Laghetto und Agostel, wie sie nach den freundlichen Mitteilungen meines Kollegen, Prof. G. Defant, in der Nähe von Terlago vorkommen, deuten auf die Existenz früherer Seebecken hin; oben auf dem Monte di Terlago in einem abgeschlossenen Thalkessel befinden sich auch zwei im Felsen eingebettete Seen, der Lago Santo mit 13 *m* und ein kleinerer, Lago della Mar genannt, mit 16 m Tiefe. Sie bildeten einmal ein einziges Seebecken, das ein Schuttkegel in zwei Teile teilte. Südlich von Trient, nahe bei der ersten Eisenbahnstation Materello auf dem linken Thalabhange, liegen, wohl in einem Felssturzgebiete, der Lago azzuro und der Lago delle Canelle. Östlich der Etsch giebt es in der Nähe von Trient neben den behandelten Seen noch mehrere andere; so stossen wir nördlich von Pergine auf den kleinen, fast ganz versumpften See bei Coste und jenen von Canzotino, der eine Tiefe von 15 *m* besitzt. Diesem ganz nahe und mit ihm verbunden ist der 7 *m* tiefe See von Madrano. Wandern wir in derselben Richtung weiter, so gelangen wir zu einem kleinen See im Thale der Silla; er heisst Lago di Fornace nach dem nahe gelegenen Dorfe und misst 8 *m* Tiefe. Nur wenig von diesem entfernt liegt der Lago di Lasès,

---

[1]) Peterm. Mitteil. 1892. Heft 5. p. 103.

22 *m* tief. Sein unterirdischer Abfluss wendet sich dem Avisio zu. Liegt westlich von den beiden letzteren aber oben bei St. Colomba ein Gebirgssee im Porphyrbecken, der Lago Santo, so treffen wir östlich im Thale von Pinè zwei Seebecken in schöner Umgebung, nämlich zuerst den flachen See von Serraja und nordöstlich von diesem den Lago delle Piazze; ersterer hat eine Tiefe von 10, letzterer eine solche von 20 *m*. Bei Miola, kaum 1 *km* südlich vom Lago della Serraja, ist ein Sumpf von geringer Ausdehnung, ein früheres Seebecken, und in südwestlicher Richtung von diesem, in einer Entfernung von 2 *km*, begegnet uns am Rande des Plateaus ein schon sehr zusammengeschrumpfter See, Lagastel genannt. Noch zur Zeit, als Peter Anich und sein Schüler Bl. Hueber die allseitig so gelobte und hochgeachtete Karte von Tyrol im Jahre 1774 aufnahmen, gab es in unseren Gegenden noch mehrere Seen, die heute schon ausgefüllt sind; so einen kleinen im S von Madoano im äusseren Fersinathale, aber über der Thalsohle, und in der Nähe der schon genannten Becken von Madoano, Canzolina und Costa. Zwischen Borgo und Levico, bezw. zwischen Novaledo und Marter in Valsugana ist in der genannten Karte ein Lago di Masi eingezeichnet, und östlich von dieser Stelle findet sich die Bezeichnung „Lago Morto“, also „ausgestorbener See“. In den Jahren 1817 und 1818 sind beide verschwunden. Noch gegenwärtig finden wir dort versumpfte Wiesen und Felder. Wenig weiter östlich lag der Lago di Rebrut oder Lago Nuovo bei Canal s. Bovo im Vanaithale. Die Überschwemmung des Jahres 1882 hat seinen Umfang sehr eingeschränkt, jene des Jahres 1889 ihm den Untergang gebracht. Aug. Böhm hat nachgewiesen, dass seit dem Erscheinen der Tyroler Karte von P. Anich und Bl. Hueber bis auf unsere Tage im Alpenlande Tyrol 118 Seen von unseren Karten verschwunden sind. Noch grösser ist offenbar die Zahl der verschwundenen Seen, von denen uns keine historischen Daten überliefert sind, und auch solche finden sich in der Nähe von Trient. Horizontale Thonablagerungen in grösserer Ausdehnung nahe bei Civazzano, östlich von der Stadt an der Stelle, wo vor einigen Jahren das langobardische Fürstengrab gehoben wurde, lassen auf ein altes Seebecken schliessen, das von Civezzano bis gegen Cirè gereicht haben mag.

Aus dieser Aufzählung ist wohl deutlich ersichtlich, wie reich an Seen die Umgebung der südtyrolischen Hauptstadt in unseren Tagen noch ist; es drängt sich uns aber auch die Frage auf, wie es denn kommen mag, dass auf so kleinem Raume so zahlreiche, oft nicht unbedeutende Seen zu treffen sind. Es waren vorzüglich drei Momente, die hier bei der Bildung der genannten und anderer Seen mitgewirkt haben, nämlich: das Gletscherphänomen, Schuttkegel und Felsenstürze und Felsenrutschungen. Verhältnismässig gering ist die Zahl jener Seen, welche die Gletscher geschaffen haben, obwohl auch die Thäler Südtyrols von mächtigen Gletscherströmen durchzogen wurden. Grösser ist die Zahl jener Seen, die Berg-

rutschungen und Felsstürzen ihre Entstehung verdanken. Allein diese Ursache ist bei unseren Seen ausgeschlossen, da sich nirgends Spuren so gewaltiger und plötzlicher Naturereignisse am unteren Ende derselben nachweisen lassen. Eine sehr grosse Zahl der Alpenseen und besonders der Thalseen verdanken ihr Dasein Schuttkegeln, die ein Thal abdämmten und das Wasser oberhalb des Dammes zu einem See aufstauten. Und zu dieser Klasse von Seen gehören auch der Levico- und Caldonazzosee; es sind Schuttkegelseen, wie der Antholzersee und die Seen auf der Malserheide in Tyrol. Die Bildung der Schuttkegel, welche diese Seen stauten, und anderer, die wir in Valsugana zahlreich finden, hängt auf das innigste mit dem Gebirgsbaue unseres Gebietes zusammen.“

Die Tiefen- und Temperaturverhältnisse des Weissensees in Kärnten hat K. Grissinger untersucht[1]). Dieser See gehört zu den Drauthalseen, ist 11.9 *km* lang und wird durch eine Einschnürung in zwei ungleich grosse Abschnitte geteilt. Sein Flächeninhalt ist 6.6 *qkm.* Die Tiefenverhältnisse wurden durch 160 Positionen festgestellt, welche 18 Querprofile lieferten. Die grösste Tiefe fand sich zu 97 *m*, und die Form des Seebeckens entspricht vollkommen der Konfiguration des umliegenden Terrains. Das Volum beträgt 221.5 Millionen Kubikmeter. Gelegentlich der Auslotung stellte Grissinger Temperaturmessungen an, um die Fortpflanzung der Sonnenwärme in verschiedenen Tiefen zu untersuchen. Es ergab sich, dass schon in 30 *m* Tiefe eine konstante Temperatur von 4.4° C. angetroffen wird. Von 8^h vormittags bis gegen 2^h nachmittags findet eine Temperaturzunahme bis zu 12 *m* Tiefe statt, nachmittags 4^h beginnt die Abkühlung der oberen Schicht bis zu etwa 4 *m* Tiefe. Von den darunter liegenden Schichten pflanzt sich die Wärme bis zu 18 *m* Tiefe fort. Vom Nachmittage bis nächsten Morgen findet eine weitere Abkühlung der obersten Schichten statt bis zu 18 *m* Tiefe hin, die folgenden Schichten bis 35 *m* Tiefe werden noch erwärmt. Die Fortpflanzung der Wärme zu diesen Schichten findet also statt, während oben bereits Temperaturabnahme eintritt.

Das Sinken der Mansfelder Seen in den letzten Monaten ist eine höchst merkwürdige Erscheinung. Beide in der Nähe von Eisleben belegenen Seen sind von Dr. W. Ule vor etwa 5 Jahren untersucht worden. Die grösste Tiefe des sogen. süssen Sees war 77 *m*, die des salzigen 18 *m*, und die Bodenplastik sehr einfach. Ihr Wasser erhalten die Seen durch mehrere Bäche und Quellen, entwässern aber nur durch einen einzigen Abfluss. Die jüngste Untersuchung von Dr. Ule hat ergeben, dass der salzige See am 28. Juni 1892 an einer Stelle 42 *m* tief war, während er am 18. Juli nur 30 *m* Tiefe hatte. Es hat sich somit hier der Boden seitdem täglich um mehr als 1 *m* gesenkt. Der jetzt am Boden gefundene feste Thon lieferte

[1]) Petermann's Mitteil. 1892. p. 153 u. ff.

nach Dr. Ule den Beweis, dass hier thatsächlich ein Einbruch vorliege, durch den die den Boden bedeckenden Schlammmassen bereits vollständig abgesunken sind. Eine weitere Vertiefung des Untergrundes müsse als sehr wahrscheinlich gelten. Spuren einer Umgestaltung des Bodens finden sich am See jetzt eine ganze Reihe. Ein weiterer Einsturz ist Dr. Ule jetzt bei Wansleben bekannt geworden, der am Gehänge der östlich den See angrenzenden Höhen sich zeigt. Ferner geht eine grosse Senkung durch die Badegastwirtschaft in Oberröblingen hindurch. Der durch die Senkung entstandene Spalt zeigt an einzelnen Stellen eine beträchtliche Weite. Es liegt nahe, dass diese Risse mit dem Einsturze in der Tiefe im Zusammenhange stehen, noch dazu, da ähnliche Risse bei den Einsturztrichtern bei Erdeborn und Unterröblingen beobachtet worden sind. Ist diese Annahme richtig, so vollzieht sich augenblicklich hier eine grosse Umwälzung der Bodenverhältnisse. Augenscheinlich sind grosse unterirdische Hohlräume eingestürzt. Aus den beteiligten Schächten der Mansfelder Gewerkschaft werden jetzt täglich 125000 *cbm* Wasser durch die Pumpwerke fortgeführt gegen 60000, ehe die Wassersnot eintrat. Gleichwohl können die eindringenden Wasser nicht bewältigt werden, Man kann als sehr wahrscheinlich annehmen, dass, je mehr aus den Schächten gepumpt wird, um so mehr auch die Sickerwasser angezogen werden. Seit dem 18. Juni ist der Spiegel des salzigen Sees wieder um 15 *cm* gefallen, täglich im Mittel um 1.5 *cm*. Der Gesamtbetrag der Senkung belief sich nach Ausweis des Pegels bei Wansleben am 28. Juni auf 63 *cm*, so dass sich bisher ein Gesamtwasserverlust von $5^1/_3$ Millionen Kubikmetern ergiebt.

Die Seen der Südvogesen. Eingehende Untersuchungen über die Natur, Entstehungsweise und Veränderung der Seebecken, welche sich in den Hochvogesen befinden, sind seit Jahren von Rudolph, Langenbeck und Hergesell angestellt und jetzt veröffentlicht worden[1]). Zunächst werden in dieser Arbeit die heute noch bestehenden Seen betrachtet. „Ihre Anzahl ist auf dem Ostabhange der Vogesen eine geringe. An eigentlichen Hochgebirgsseen finden wir acht vor, von welchen jedoch nur fünf zur Klasse der wirklich nassen Seen gerechnet werden können, d. h. derjenigen Seen, welche vom Anfange ihrer Entstehungen stets ihre Wassermasse bewahrt haben; es sind dies der Weisse See, der Schwarze See, der Sulzerner- oder Darensee, der Belchensee und Sternsee. Die übrigen drei — der Lachtelweiher, der Neuweiher und der Forellenweiher — müssten eigentlich schon zu den Trockenseen gestellt werden, da ihr Becken vor noch nicht langer Zeit ohne Wasser da lag und erst später durch künstliche Aufdämmung von Menschenhand wieder angefüllt wurde. Zunächst wird geschildert, wie diese hochgelegenen Becken gemessen wurden. Der Hauptzweck war natürlich der, die Form dieser Becken

[1]) Gerland, Geograph. Abhandlungen aus den Reichslanden 1. Heft. Stuttgart 1892. p. 123 u. ff.

selbst zu bestimmen. Zu diesem Zwecke musste ein ausgedehntes System von Tiefenmessungen erhalten werden, deren Dichtigkeit und Verteilung sich durch die Beckenform selbst bestimmte. Jedoch schien es auch in den Fällen, wo die Form des Beckens eine verhältnismässig einfache war, wie bei fast allen kleineren Gebirgsseen, angebracht, die Häufigkeit der Lotungen nicht allzusehr zu beschränken, und zwar aus folgenden Gründen: Die meisten Messungen ergaben nämlich einen Einfluss der einmündenden Bäche auf das Becken derart, dass Deltabildungen und ähnliche Erscheinungen konstatiert werden konnten. Es schien nun aufs äusserste wünschenswert, die Gestalt dieser Anschwemmungen aufs genaueste festzulegen, um hierdurch die Möglichkeit zu gewinnen, etwaige Veränderungen in der Form derselben zu konstatieren und dadurch über die Grösse der Denudation der anliegenden Gebirgsteile Daten zu erhalten, besonders da diese Frage aufs innigste im Zusammenhange mit dem Austrocknen der Seen zu stehen scheint. Deshalb wurde bei den zahlreichen Profilen, die durch die Seen gelegt wurden, in Entfernungen von 10, resp. 20 *m* gelotet, wie es in den einzelnen Fällen sich gerade als notwendig erwies.“

Es folgt nun eine genauere Beschreibung der sechs heute noch bestehenden Seen und der Trockenseen, wegen deren auf das Original verwiesen werden muss. Daran reihen sich die Entwickelungen der Verf. über Vergehen und Entstehen der Seen.

Jeder See ist als ephemeres Gebilde zu betrachten, „das nur während einer kurzen Zeit bestehen kann, weil beständig die Kräfte thätig sind, die den See als solchen zu zerstören suchen, die es endlich dahin bringen, dass der Aufstau der Wassermassen aufhört, und eine Rinne fliessenden Wassers an deren Stelle tritt.

Ist durch irgend welche Ursachen im Gebirge ein Seebecken geschaffen worden, so wird dasselbe sofort als ein See mit Abfluss aufzufassen sein. Ein abflussloses Becken ist in den Vogesen unter den heutigen und früheren Verhältnissen unmöglich, da die Niederschläge stets reichlicher als die Verdunstung sind und ein geschlossenes Becken bald zum Überlaufen bringen werden. Sobald aber ein Abfluss geschaffen ist — derselbe wird sich, den Gefällsverhältnissen entsprechend, im allgemeinen an der unteren Thalseite bilden — beginnt auch die Zerstörung des Querriegels, der den See staut, mag dieser Riegel aus festem Felse oder aus Blockmaterial bestehen.

Der Abflussbach nagt sich tiefer und tiefer, der Seespiegel wird immer mehr erniedrigt. Zu gleicher Zeit arbeiten noch andere Kräfte an der Verflachung des Sees. Die Zuflüsse, die das Seebecken allenthalben empfängt — mögen dieselben, wie bei den hochgelegenen Seen, kleine Rinnsäle, oder wie bei den Thalseen, die Bäche der Thalsohle sein — führen beständig Sedimente mit sich, die sie auf dem Grunde des Sees in vielfachen Formen ablagern. Ist der See in einem Zirkus gelegen, mit steilen Felswällen, die bis

zum Ufer des Sees reichen, so thut auch die Blockverwitterung in loco ihr gutes Teil mit zur Ausfüllung des Seebeckens.

Ist auf diese Weise eine gewisse Flachheit erreicht worden, so beginnt auch die Vegetation ihr Werk. Die organischen Stoffe, die sich stets in dem See ablagern und langsam vermodern, geben von diesem Zeitpunkte an den Verwesungspflanzen reichlichen Nahrungsstoff. Es beginnt am Rande, wo die günstigen Verhältnisse am frühesten eintreten, eine üppige Moorbildung, die mehr und mehr vom Rande in das Innere des Sees hineinwächst. Das Wasserauge wird kleiner und kleiner, bald ist es ganz verschwunden, an Stelle des Sees mit flutendem Wasser ist eine grüne, elastische Fläche getreten, ein Hochmoor, umragt von Zirkuswänden, oder die sumpfige Fläche eines ebenen Thalbodens. Auch diese Moorbildung sieht einem allmählichen Verschwinden entgegen. Zuletzt bezeichnen uns grünende Wiesen oder hochgelegene Matten die Stelle, wo einst der See flutete.

Wir finden alle Stadien der geschilderten Entwickelung bei den Vogesenseen wieder. Das kleine Blanchemer ist gerade am Beginne der Vermoorung, beim jetzigen Sewensee, beim Lac de Lispach u. a. ist die Moorbildung schon weit vom Ufer in den See getreten, durch das üppige Fortwuchern der Verwesungspflanzen wird der See immer mehr eingeschnürt. Am Etang du Devin und am Altenweiher finden wir ein fertiges Hochmoor vor, und das kleine Trockenbecken von Stillenbach zeigt uns endlich auch das letzte Stadium, wo die Moordecke verschwunden und durch neue Sedimente ersetzt ist.

Können wir uns auf diese Weise ein ziemlich klares Bild vom Vergehen der Seen machen, so ist die Frage ihrer Entstehung eine viel schwierigere und weniger leicht zu lösende.

In den Thalseen können wir nichts anderes als Moränenstauseen erkennen. Überall, wo thatsächlich eine ehemalige Vergletscherung nachgewiesen ist, finden wir dieselbe vor; stets finden wir am Ende der Seen eine reichliche Moränenbildung. Als Querwälle haben die Moränen das Thal versperrt und den See gebildet. Sowohl die heute existierenden nassen Seen, als die aufgefundenen Trockenseen lassen keinen Zweifel an dieser Entstehungsart aufkommen. Man muss sich vorstellen, dass die Entstehung derartiger Seebecken gerade an jenen Stellen mit Vorliebe zu geschehen pflegte, wo die Gletscherströme zweier Thäler zusammentreffen, oder wo andere Ursachen thätig waren, die Bildung einer grossen Staumoräne zu unterstützen. Die Seen von Sewen und Urbis, ebenso die Seen im Fechtthale liefern Beispiele für Quermoränen, die sich am Zusammenflusse zweier Thäler aufgebaut haben, bei den Seen des Thurthales waren es die hohen, mitten im Thale aufragenden Querriegel, welche die Staumoräne gestützt haben. In den meisten Fällen sind es die Hauptthäler, gegen welche das Nebenthal abgesperrt wurde. Das Wagenstallbachthal und das kleine Dollerthal haben durch ihre

Gletscher das jetzige Hauptthal bei Sewen geschlossen und so den Sewensee gestaut. Wir sind aber der Ansicht, dass durch diese beiden Thäler sich der Hauptstrom des grossen Dollergletschers herabsenkte; weil die Kammentwickelung zwischen Fennematt und Wissgrüt eine grössere Firnentwickelung zuliess, als der Welsche Belchen mit seinen gewaltigen Abstürzen und kleinen Terrassen. Die Absperrung erfolgte in der Weise, dass die Seitenmoräne des Hauptgletschers, beim Abschmelzen noch unterstützt durch die Endmoräne des Nebengletschers, sich quer vor das Seitenthal legte, und auf diese Weise die Schmelzwasser staute.

Bei den Hochseen glauben die Verff. nachgewiesen zu haben, dass wir bei allen ein in festen Fels eingesenktes Becken anzunehmen haben. Überall, wo ein Aufschluss vorhanden war, zeigte sich ein deutliches Einfallen des anstehenden Gesteines nach dem Kamme zu. Die Erklärung dieser Thatsache muss uns in erster Linie beschäftigen. Der Umstand, das sämtliche Hochseen im Glazialgebiete der Vogesen sich befinden, legt die Annahme nahe, dass wir es bei dieser Beckenform mit einer Wirkung des Eises zu thun haben, man könnte vermuten, dass diese Zirkusbecken etwa im Richthofen'schen Sinne durch Korrosion und Rotation von zusammenstossenden Eisströmen ausgehöhlt und ausgedrechselt sind. Wir können dieser Hypothese nicht beipflichten. Ein Blick auf die Übersichtskarte lehrt, dass jene Hochseen im ehemals vergletscherten Gebiete durchaus nicht regellos verteilt sind, sondern an bestimmten Stellen auftreten, an prägnante Gebirgsbildungen sich angliedern. Überall, wo der Vogesenkamm in seiner deutlichsten Form erscheint, wo die Steilabstürze und Terrassenbildungen sich zeigen, da finden wir auch unsere Hochseen wieder. Wäre Gletschererosion die wirkende Ursache gewesen, so würden wir eine viel gleichmässigere Verteilung über das ehemalige Gletschergebiet zu erwarten haben. Beispielsweise müsste im oberen Thurthale, wo ein grosser Eisstrom, gespeist von zahlreichen Gletschern aus Nebenthälern, früher seine gewaltigen Massen bewegte, derartige Bildungen viel sicherer zu erwarten sein, als an der schroffen Kammlinie von der Schlucht zum Weissen See, wo nur kleine Hängegletscher oder vielleicht nur Firnfelder gelagert haben.

Die Verff. sind mit Gerland der Ansicht, dass die hier zu erklärenden Gebilde an jenen Stellen des Gebirges liegen, wo tektonische Störungen des Materiales mit hoher Wahrscheinlichkeit zu erwarten sind. Jene charakteristische Kammbildung, wie sie vom Weissen See bis zum Hohneck sich erstreckt, wie sie wiederum südlich vom Roten Wasen bis zum Elsässer Belchen auftritt, ist nach ihrer Ansicht am besten durch Verwerfungen zu erklären, die als Haupt- und Nebenspalten das kristallinische Gestein durchsetzen, und an welchen die einzelnen Schollen in mannigfacher Weise abgerutscht sind.

„Wir begegnen uns," sagen die Verff., „in dieser Auffassung auch mit Schumacher, der ebenfalls die Entstehung der Hochseen in den Vogesen direkt mit der Gebirgsbildung in Verbindung setzt. Schumacher

stellt sich vor, dass die schon fertigen Thäler an ihren zirkusartigen Enden in späterer Zeit eine Einsenkung erlitten haben, die naturgemäss die obersten Abschnitte der Thäler in geschlossene Becken verwandelt habe.

Bei dem einheitlichen Charakter, den nach unserer Ansicht das ganze Phänomen der Hochseen zeigt, müsste man diese Erklärung für alle Seen zulassen. Bei der unregelmässigen Lage, die die einzelnen Seen überall zu dem Kamme und dessen Querrippen haben, halten wir es jedoch für wenig wahrscheinlich, dass überall der weiter rückwärts gelegene Teil tiefer abgesunken sei, als der mehr im Vordergrunde des Thales befindliche. Wir sind der Ansicht, dass hier eine allgemein wirkende Ursache aufgefunden werden muss, die überall im Hintergrunde der Thäler, die sich an die Verwerfungsspalten der grossen Kammlinie anlehnen, geschlossene Becken geschaffen hat. Wenn wir nun in dieser Beziehung eine Hypothese aufstellen, so sind wir uns wohl bewusst, dass dieselbe, wenigstens was ihre Einzelheiten anbelangt, noch keineswegs überall auf beobachtete Thatsachen gestützt werden kann, aber wir glauben, dass dasselbe mit allen bisherigen Erklärungsversuchen der Fall war, und ferner, dass unser Erklärungsversuch den bekannten Thatsachen völlig gerecht wird.

Wir stellen uns vor, dass die grosse Grabenversenkung, welche das Rheinthal geschaffen, in zwei Hauptsystemen von Bruchlinien erfolgt sei. Das eine System fasst die zahlreichen Verwerfungen zusammen, die am Rande des Gebirges liegen, das andere System verläuft an den Abstürzen des Vogesenkammes und muss in seinen Einzelheiten noch näher untersucht werden. Das Gebiet, welches zwischen diesen beiden Hauptverwerfungen eingesunken ist, darf nun nicht etwa als ein einheitliches Stück der Erdrinde aufgefasst werden, welches als Ganzes in seinem Niveau erniedrigt ist, sondern es ist anzunehmen, dass dasselbe durch zahlreiche andere Verwerfungen, die aber im Vergleiche zu den früher erwähnten als Nebenspalten aufzufassen sind, in kleinere Schollen zerteilt wurde, die ebenfalls in ihrer gegenseitigen Lage durch den Einbruch gestört wurden. Auch an diesen Nebenspalten erfolgte ein Abrutschen, aber dasselbe äusserte sich nicht so intensiv, wie in dem Spaltensysteme der Hauptverwerfung der Kammlinie. Die Schollen senkten sich an der Hauptbruchlinie tiefer als an jenen weiter thalabwärts gelegenen Verwerfungen niedrigeren Grades. Auf diese Weise entstanden an der Kammlinie in den Thälern Terrassen mit Flächen, die nach dem Kamme zu sich senkten, die den Wassern keinen Ausgang boten und so zu Seebildung Veranlassung gaben. Auch wenn an einzelnen Stellen des Gebirges die bei unserer Auffassung erwähnten Nebenspalten nicht existieren sollten, bleibt die soeben gegebene Erklärung bestehen. Denn die abrutschende Gebirgsscholle wird sich in der Nähe der Verwerfung mehr senken, als an den entfernter liegenden Teilen; auf diese Weise wird ebenfalls eine Fläche gebildet, die kammwärts einfällt.

Ob diese Vorstellung richtig ist, kann nur durch die Thatsachen wiesen werden. Die schon im Gange befindliche geologische Spezialaufnahme der Südvogesen wird uns über die Verwerfungslinien dieses Gebirgsteiles die nötige Detailkenntnis bringen, so schwierig die Untersuchung dieser Erscheinungen in dem homogenen Materiale auch sein mag. Wenn wir erst die Richtungen dieser tektonischen Störungen und die Sprunghöhen der einzelnen Linien kennen werden, wird die Entstehung der einzelnen Seebecken sich von selbst ergeben."

Schliesslich werden die Temperaturverhältnisse des Weissen Sees bei Urbeis, des höchstgelegenen (1054 *m*) und tiefsten (60 *m*) der Vogesenseen auf Grund von Beobachtungen zwischen September 1889 und Mai 1891 erörtert. Als allgemeinstes Resultat dieser Untersuchung wird der Satz ausgesprochen: „Die Durchwärmung der tieferen Schichten eines Sees ist in erster Linie nicht von den Mitteltemperaturen der Sommermonate, sondern von den in ihnen auftretenden Temperaturdifferenzen abhängig."

Die Seen Salzburgs. Folgendes ist nach den Mitteilungen der Gesellschaft für Salzburger Landeskunde (1891) eine Zusammenstellung der hauptsächlichsten geophysikalischen Elemente der Salzburger Seen.

	Grösste Tiefe	Länge	abs. Höhe	Oberfläche
Schleedorfer Egelseen. .	—	—	—	—
oberer „ . .	5 3 *m*	70 *m*	594 *m*	—
grosser „ . .	9	586		—
mittlerer „ . .	10.5	230		—
unterer „ . .	9.1	145		—
Fuschlsee	63	3945	661	270 72 *h*
Abersee (St. Wolfgang-See)	114	10500	539	1049.69
Hintersee bei Faistenau .	22	1395	685	82.29
Ankensee im Wildgerlosthal[1])	—	200	1915	—
Wildkarsee im Wildgerlosthal[2])	10.6	145	2490	1.35
Moränensee des Wildkargletschers	2.8	60	2460	0.2
Seekarsee im Krimmler Achenthale	21.6	310	2234	3.77
Steingoglsee im Dürrenbachthale[3])	—	—	2095	—

[1]) Der Ankensee ist fast ganz verschwunden, und nur zwei Tümpel sind von ihm noch übrig — das übrige Becken erfüllt eine sumpfige Wiese. Der grössere Tümpel (1000 *qm*) mit 53 *m* Länge und 25 *m* Breite, 1 *m* Tiefe ist heute der Ankensee.

[2]) In der Generalstabskarte nicht verzeichnet; statt „Seekaar" soll in derselben „Wildkar" stehen, denn Seekar ist die Mulde um den Seekarsee im Krimmler Achenthale Der „Hohe Schaffelkopf" soll „Trisselkopf" heissen, denn der „Wildbergkarkopf" der Karte ist der „Hohe Schaflkopf" oder „Rettenkarkopf".

[3]) Dieser See ist wie der Ankensee bis auf einen kleinen Rest, 260 *qm* mit 60 *cm* Tiefe, ausgetrocknet.

Die übrigen kleineren Wasserbecken sind Teiche, von denen allerdings einige auf den Karten als Seen erscheinen. Der am Nordfusse des Hagengebirges in der neuen Generalstabskarte und in der „Spezialkarte der Berchtesgadener Alpen“ des D. u. Ö. A. V. gezeichnete See, gegenüber der Lammermündung in die Salzach, ist nicht vorhanden — dürfte auch nie existiert haben. Auch der sogenannte „Luginger See“ ist kein See, sondern ein seinerzeit angelegter Fischteich.

Die Durchsichtigkeit des Genfersees ist durch F. A. Forel untersucht worden [1]), und zwar einfach in der Weise, dass eine weisse Scheibe aus dem Boote in das Wasser herabgelassen und die Tiefe an einer Leine gemessen ward, in welcher die Scheibe unsichtbar wurde. Bezüglich des Einflusses der Jahreszeiten stellte sich als Mittel aus 500 an verschiedenen Orten ausgeführten, vergleichenden Messungen heraus als Grenze der Sichtbarkeit: im Winter 14.6 m, im Frühlinge 10.5 m, im Sommer 6.8 m, im Herbste 9 m, im Jahresmittel 10.2 m. Weiter zeigte sich die Durchsichtigkeit des Seewassers grösser an der Westseite des Sees nach Genf hin, als an der Ostseite nach der Rhonemündung zu. Wenn die Zahlen hier auch keine regelmässige Zunahme mit der Lage des Beobachtungsortes auf der Mittellinie des Sees geben, so liegt dies nach Forel daran, dass die Methode nicht exakt genug und die Verschiedenheit der Angaben der einzelnen Beobachter, welche sich an diesen Messungen beteiligten, zu gross ist, um ganz präzise den trübenden Einfluss des Rhonewassers in voller Schärfe hervortreten zu lassen. Die grösste bisher beobachtete Klarheit war eine Sichtbarkeitsgrenze von 21 m am 21. Februar 1891 vor Ouchy.

Mehrjährige Schwankungen der Tiefentemperatur des Genfersees und anderer Seen und Binnenmeere wärmerer Gegenden. Auf die Wichtigkeit der genauen Bestimmung dieser Temperaturen für die Physik der Erde macht O. Woeikof aufmerksam [2]). „Der Genfersee hat bekanntlich eine Temperatur, welche, die seichte Littoralzone an wenigen kalten Tagen ausgenommen, beständig über derjenigen der Maximaldichte des süssen Wassers ist. Am Grunde ist sie am niedrigsten und bleibt das ganze Jahr gleich. Die Studien Forel's seit 1870 haben aber gezeigt, dass in jedem sehr strengen Winter (wie 1879—1880 und 1890—1891) die Temperatur der ganzen Wassermasse bis auf den Grund erniedrigt wird, um dann während der wärmeren Jahre zu steigen. So war die Temperatur am Grunde des Genfersees.

1870	1874	1879	1880	1880	1881	1883	1884	1889	1891
22/2.	27/3.	23/10.	9/4.	30/11.	5/11.	26/2.	18/8.	14/9.	22/6.
5.2.	5.5.	5.2.	4.5.	4.7.	4.8.	5.0	5.4	4.7	4.1.

Als Forel seine Untersuchungen am Genfersee anfing und überhaupt während der 70er Jahre wurde die Temperatur am Grunde des-

[1]) Archives des sciences phys. et nat. 1892. [3] 27. p. 566.
[2]) Meteorologische Zeitschrift 1892. p. 228.

selben zu 5.2° C. konstant angenommen, der Winter 1880 zeigte den Irrtum dieser Annahme, noch mehr der Winter 1891, als sich in der tiefen Bucht von Territet bei Montreux 13 Nächte hinter einander Eis bildete und auch am Tage nicht verschwand. Bis dahin war nur der Trichter „petit lac" bei Genf in strengen Wintern (wie 1879—1880) gefroren. Die kurz auf einander folgenden kalten Winter 1887—1888 und 1890—1891 hatten also die ganze Wassermasse des über 330 *m* tiefen Genfersees über 1° unter die gewöhnliche Temperatur abgekühlt, eine, in Kalorien berechnet, sehr erhebliche Leistung.

Da der Salzgehalt der verschiedenen Vertikalschichten des Mittelmeeres wenig verschieden ist, und es durch die relativ seichte Gibraltarstrasse vor dem Zuflusse kalten Polarwassers geschützt ist, so werden sich das westliche und östliche Becken des Mittelmeeres wie Seen verhalten, es wird wahrscheinlich auch dort sich ein Unterschied zeigen, je nach der Temperatur der Oberfläche in den einzelnen Jahren, und eine genaue Messung einmal im Jahre in grossen Tiefen dieses Meeres würde uns wichtige Aufschlüsse über die Temperatur mehrjähriger Perioden geben.

Noch besser würden sich grosse tiefe Süsswasserseen dazu eignen, freilich nur solche, deren Bodentemperatur höher als 4° ist. Am wichtigsten sind die grossen afrikanischen Seen, in Amerika der Titicaca und Nicaragua. Salzseen eignen sich zu einem solchen Studium nicht, weil alle grösseren bedeutende Zuflüsse haben, und das Oberflächenwasser weniger salzig ist als dasjenige der Tiefen, das im Winter abgekühlte Wasser sinkt also nicht zu Boden.

Auch die grossen tiefen Süsswasserseen kälterer Länder eignen sich dazu nicht, weil sie mit grossen Massen Wassers der Maximaldichte gefüllt sind.

Schwankungen der Temperatur in mehrjährigen Perioden müssen sich also am Grunde der oben genannten Süsswasserseen, wo die Temperaturen beständig über 4° sind, und des Mittelmeeres abspiegeln, und zwar bei sinkender Temperatur rasch, weil die Konvektionsströmungen das kältere Wasser auf den Grund führen, bei steigender langsam, durch den vereinten Einfluss der Zuleitung der Wärme von unten und von oben. Die Temperatur am Grunde lässt sich rascher und sicherer bestimmen, als die mittlere Jahrestemperatur der Luft. Von Zeit zu Zeit wiederholte Bestimmungen der Temperatur der grossen Tiefen würden uns also eine recht gute Einsicht geben in die Schwankungen der Temperatur unserer Erde, und zwar so genau, wie nur diejenigen weniger beständiger Stationen sie uns für die Lufttemperatur geben können. Bei der grossen Wärmekapazität des Wassers und der grossen Massen, um welche es sich handelt, müsste die grösste Mühe auf die Genauigkeit der Messungsmethoden verwendet werden und Mittel gefunden werden, die Bestimmungen bis auf 0.01° genau zu machen. Völlig sichere und in gleichem Sinne an zwei weit entfernten tiefen Seen der Tropen

auftretende Änderungen der Temperatur der Tiefen um 0.05° würden in der Frage über mehrjährige Perioden der Temperatur mehr beweisen, als selbst sehr exakte Beobachtungen der Lufttemperatur an Punkten höherer Breiten, welche eine Änderung von 1° zeigen würden, denn in diesen Breiten ist die Veränderlichkeit der Temperatur und des Luftdruckes gross, und wir können doch nicht beweisen, dass in den Teilen derselben Breiten, von wo wir keine Beobachtungen haben, nicht eine Kompensation existiert.

Untersuchungen über das Gefrieren der Schweizer Seen hat F. A. Forel veröffentlicht[1]) und kommt zu folgenden Ergebnissen: 1. „Die Seen der nordwestlichen Schweiz oder, wenn man will, die am Fusse des Jura gelegenen, waren im Winter 1891 viel weniger stark gefroren, als im Jahre 1880. Dies ist offenbar: a. für den Neuchateller- und den Bodensee, welche 1880 ganz und 1891 nur teilweise zugefroren waren; b. für den Murten- und Bielersee, deren Frostperiode 82 und 75 Tage im Jahre 1880 und nur 62 und 55 im Jahre 1891 betragen. 2. Die Seen am Fusse der Alpen hingegen waren im letzten Jahre viel stärker befallen als vor 11 Jahren. Dies zeigt sich am Annecy, Genfer, Thuner, Brienzer, Vierwaldstätter, Zuger, Züricher und Wallenstädter See. 3. Wenn der Winter in der Schweizer Ebene ganz ungewöhnlich streng gewesen, so zeigten die Gebirgsseen in den Alpen keine aussergewöhnliche Verlängerung der Frostperiode. So war der See des Grossen Saint-Bernard nur 4 Tage länger gefroren als im Durchschnitte, und der Silsersee nur 10 Tage. Anderseits war im Jura die Frostperiode ganz ungewöhnlich lang; sie überstieg am Juxsee das Mittel um 52 Tage, und es findet sich kein Beispiel einer so langen Dauer des Frostes (146 Tage) wie 1891.

Der Neusiedlersee, welcher wiederholt, zuletzt in den 60er Jahren, vollständig ausgetrocknet war, hat in den letzten zwei Jahren wieder die Hälfte seines Wassers verloren und weist gegenwärtig an den tiefsten Stellen in der Mitte nicht mehr als einen Meter Wasserstand auf. Er kommt auf diese Weise einem Unternehmen entgegen, welches ihm ein gänzliches Ende bereiten soll. Denn die ungarische Regierung hat in neuester Zeit beschlossen, den See für Rechnung der Anrainer durch einen in die Raab geführten Kanal trocken legen zu lassen, was ganz gut gelingen kann, da der See in einer abgeschlossenen, flachen Mulde liegt und nur durch die atmosphärischen Niederschläge der Umgebung gespeist wird. Der Seegrund kann ohne weiteres als Ackerland benutzt werden, weil er nicht sumpfig ist[2]).

Lotungen im See von Bourget und einigen anderen Seen der Alpen und des Jura. A. Delebecque hat 1891 mit E. Garein und J. Magnin einige der wichtigsten Seen der Alpen

[1]) Archives des sciences phys. et nat. 1892. [3] 27. p. 91.
[2]) Verhdlg. d. Ges. f. Erdkunde zu Berlin 1892. p. 153.

und des Jura gelotet: die Seen von Bourget, von Aiguebelette (Savoyen), von Paladru (Isère-Département); von Nantua, Sylans, Genin (Ain-D.); von Saint-Point, Remoray, Brenets (Doubs-D.), und wird binnen kurzem die nach diesen Lotungen gearbeiteten Karten publizieren. Von seinen Arbeiten macht er vorläufig folgende Mitteilungen:

Der See von Bourget (Seehöhe 231.5 *m*, Oberfläche 44.62 *qkm*, Kubikinhalt 3.62 *ckm*), der wichtigste der französischen Seen nach dem Genfersee, bildet ein ziemlich regelmässiges Becken, dessen Länge 18 *km*, dessen grösste Breite 3 *km* beträgt, während die grösste Tiefe 145.4 *m* ist. Am Grunde der Bai von Grésine finden sich ein kleines abgeschlossenes Becken und zwei kleine Erhebungen, welche wahrscheinlich von Moränen herrühren. Der Sierroz, ein Zufluss des Sees, hat die Tendenz, den See durch sein Delta in zwei Teile zu spalten. Schon haben seine Anschwemmungen einen rudimentären Damm gebildet, welcher an der Südseite ein Becken abtrennt, dessen Tiefe nur um 80 *cm* jene des Dammes übertrifft. Hervorzuheben ist noch die schöne Felswand, welche, unter einem Winkel von 60° in einer Länge von 5 *km* die Fortsetzung des Montagne du Chat bildend, bis zu einer Tiefe von 100 *m* sich in den See erstreckt. Eine Eigentümlichkeit des Sees von Bourget besteht darin, dass der Kanal von Savières, welcher als Ausfluss des Sees dient, während beiläufig 60 Tagen im Jahre die Rolle eines Zuflusses spielt, der die Wässer der Rhone und mit ihnen grosses Schwemmmaterial zuträgt.

Die übrigen Seen sind bedeutend kleiner. Unter ihnen ist der See von Aiguebelette mit einer Oberfläche von 5.43 *qkm* und einer Tiefe von 73.1 *m* der grösste. Er enthält sechs Becken, zwei untergetauchte Hügel und zwei Inseln. Der See von Paladru (35.9 *m* tief) hat vier Becken und sechs Hügel; der See von Saint Point (Tiefe 40.3 *m*) zählt nicht weniger als acht Becken. Diese scheinen grösstenteils ihren Ursprung Moränen zu verdanken. Im See von Paladru sind auch solche unter ihnen, welche durch Senkungen des Bodens entstanden. Die Seen von Nantua (42.9 *m*), von Sylan (22.2 *m*), von Genin (16.6 m), von Remoray (27.6 *m*), von Brenets (31.5 *m*) haben eine viel weniger komplizierte Bodengestalt als die vorerwähnten. Der See von Brenets hat neben seinem normalen Abflusse noch einen unterirdischen. Bei allen Lotungen bediente sich Delebecque der überaus bequemen und handlichen Sonde von Belloc.

Delebecque machte in diesen Seen auch zahlreiche thermometrische Messungen. Form und Lage der Seen scheinen bei der vertikalen Verteilung der Temperatur eine wichtige Rolle zu spielen. Caeteris paribus zeigen lange Seen, welche in der Richtung der herrschenden Winde liegen, im Sommer in der Tiefe wärmere Schichten als die anderen, weil die durch die Winde erzeugten Strömungen die warmen Wässer der Oberfläche mit den kälteren des Grundes mischen. So wurden im See von Saint Point, welcher

lang und enge und von Südost nach Nordwest gerichtet ist, in der Tiefe von 10 *m* 12° gefunden; im See von Remoray, welcher in der Nähe und in derselben Höhe gelegen ist, eine etwas geringere mittlere Tiefe, aber eine elliptische Begrenzung und eine kleinere Oberfläche hat, traf man in der nämlichen Tiefe nur 8° C. Am Grunde des ersteren Sees war in 40 *m* Tiefe die Temperatur 6.4°; am Grunde des zweiten in 25 *m* 4.8° [1]).

Der Skutarisee zeigt ähnliche Schwankungen wie der berühmte Zirknitzer See. Infolge des wechselnden Wasserstandes werden seine Grössenverhältnisse fast jedesmal verschieden angegeben; Müller und v. Hahn: 23—30 *km* Länge und 7—10 *km* für die grösste Breite, A. Boué nimmt fast doppelt so grosse Masse an, Rovinski mit 50 *km* und 15 *km* kommt der Wahrheit am nächsten. Schwarz giebt 40 *km* und 12 *km* an. Das verschulden die Regengüsse des Herbstes und Frühlings mit ihren ungeheueren Wassermassen, die durch die schmalen Abzugsöffnungen bei Skutari nicht entsprechend abzufliessen vermögen. Die gewöhnliche Tiefe beträgt $2^1/_2$—3 *m*, betrug aber im Jahre 1879 $4^1/_2$ *m*, wodurch die ganze ebene Umgebung des Sees in ein ungeheueres Wassermeer verwandelt wurde. Die Überschwemmungen lassen immer auch fruchtbaren Schlamm zurück, der sofort nach dem Zurückgehen des Wassers für den Anbau benutzt wird [2]).

Die Sumpf- und Seebildungen in Griechenland behandelt Franz Kraus [3]), wobei er besonders die Katabothren-Seen berücksichtigt. Es ist der erste Versuch einer Monographie dieser Formation in Griechenland und um so dankenswerter, als die zwar sehr reiche Litteratur über dieses Land doch meist nur mit grosser Mühe gestattet, den meist sehr dürftigen topographischen Kern herauszuschälen. „Griechenland besitzt eine grosse Anzahl von Seen, die so ziemlich alle möglichen Typen repräsentieren. Die interessantesten darunter sind die Katabothren-Seen, die jedoch ebenfalls untereinander gewisse Unterschiede aufweisen, so dass fast ein jeder seine besonderen Eigentümlichkeiten hat. Theoretisch gehören sie zu jenen Kesselthalseen, deren es in der Karstformation auch ausserhalb Griechenlands eine grosse Anzahl giebt. Auffallend ist der Umstand, dass die Westseite von Griechenland, und zwar besonders im Peloponnes, nur wenige typische Kesselthäler besitzt, obgleich die geologische Beschaffenheit des Landes hierfür ganz geeignet wäre. Die grosse ätolisch-akarnanische Depression mag einst vor dem Durchbruche des Aspropotamos (Acheloos) ebenso zu den Kesselthälern gehört haben, wie die ausgedehnten Ebenen von Lárissa und von Trikkala in Thessalien, bevor sie durch den Durchbruch des Peneios entwässert wurden. Einzelne der in den westlichen Depressio-

[1]) Mitt d. k. k. geogr. Ges. in Wien **35.** p. 225 u. ff.
[2]) Globus **42.** Nr. 1 u. 2.
[3]) Mitt. d. k. k. geogr. Gesellsch. in Wien **35.** Nr. 7. u. 8.

nen liegenden Seebecken tragen auch heute noch den Charakter von abflusslosen Seen, obwohl sie bei Hochstand mit nahe gelegenen Flüssen kommunizieren.

Im Nordosten von Griechenland giebt es ausschlieslich unvollkommene und Katabothren-Seen. Der nördlichst gelegene ist der Nezerosee (im Altertume Askuris genannt), der gegen 1000 *m* hoch, in einer Einsenkung der südlichen Ausläufer des Olympos liegt. Der Karte nach gehört er zu den Kesselthalseen, ob sein Abfluss durch Katabothren geschieht, darüber fehlen alle Nachrichten.

Thessalien besitzt zwei grosse durch den Peneios verbundene ausgedehnte Ebenen, die wohl in einer früheren geologischen Periode grosse Landseen gewesen sein mögen, bis der Peneios sich gerade durch die höchsten Erhebungen (zwischen Ossa und Olymp) seinen Weg gebahnt hatte. Die westliche Ebene, die auch häufig nach der Stadt Trikkala benannt wird, enthält keinen See, wohl aber viele sumpfige Stellen an den kleinen Flüssen und Bächen, die sich in den Peneios ergiessen. Zur Regenzeit schwillt der Peneios oft mächtig an und verliert durch einen natürlichen Kanal einen Teil seines Wassers, welches dann den nessonischen Sümpfen zufliesst, von wo aus wieder der Karlasee (oder See von Bobeïs) gefüllt wird. Der Kanal heisst Asmakion, gleich dem Flusslaufe, der den Karlasee und den Bobeïs verbindet. Es tritt hier der merkwürdige Fall ein, der auch zwischen dem Čepičsee und dem Arsakanale in Istrien bekannt ist, nämlich jener der zeitweiligen Umkehrung eines Flusslaufes.

Südlich trifft man das durch seine in historischer Zeit erfolgte Verlandung interessante Gebiet der Spercheiosmündung, an dessen südlicher Seite der berühmte Thermopylenpass liegt. Zur Zeit, als Leonidas dort kämpfte, führte nur ein schmaler gepflasterter Weg zwischen dem Kalidromon und dem seichten, für Schiffe nicht zugänglichen Ufer des malischen Meerbusens durch. Das war der berühmte Thermopylenpass, der seinen Namen von den nahen Thermen hatte, deren warme Fluten sich derzeit in dem vorgelagerten Alluvialboden verlieren. Damals ergoss sich der Asopos direkt in das Meer, und der Spercheios fiel in geradem östlichen Laufe weit davon in den malischen Meerbusen. Heute dehnt sich eine weite Strandfläche dort aus, wo einst die Schiffe gelandet hatten, der Spercheios macht einen weiten Bogen gegen Südosten, und der Asopos ist sein Nebenfluss geworden. Die Breite der seit den Perserkriegen erfolgten Verlandung wird auf 8 *km* geschätzt. Sie kann zur Zeit, als König Antiochos den Pass gegen die Römer verteidigen wollte (191 v. Chr.), noch nicht weit vorgeschritten sein, denn damals galten die Thermopylen noch als feste Position, was sie eigentlich nie waren, weil sie leicht umgangen werden konnten.

„Im mittleren Teile von Nordgriechenland giebt es keine Katabothren-Seen ausser dem Dauklisee; im Südosten des kontinentalen

Teiles dagegen liegt eine ganze Gruppe davon beisammen, und auch andere absonderliche hydrographische Erscheinungen zeigen sich dort, welche durch die Karstformation bedingt sind. Zu letzteren gehört die freilich durch keine direkten Beobachtungen konstatierte Annahme, dass die Quellen bei Delphi an der Südseite des Parnass mit dem Oberlaufe des Kephissos im Zusammenhange stehen sollen."

Eine Gruppe von Katabothren-Seen besteht aus dem Kopaïs-, dem Hylike- und dem Parasee. „Der Kopaïssee ist der grösste unter allen griechischen Seen, und seine Niveauschwankungen haben bereits im Altertume die öffentliche Aufmerksamkeit erregt. Schon zur Zeit der Minyer sollen Versuche gemacht worden sein, den damals bebauten Boden des jetzigen Sees der Kultur zu erhalten. Die begonnenen Entwässerungsarbeiten, deren Spuren man im Nordwesten des Kopaïs an einer Anzahl von künstlichen Schachten noch heute nachzuweisen vermag, werden jedoch von anderen der Zeit Alexander's des Grossen zugeschrieben.

Die Anzahl der Katabothren, die zumeist am Rande des Sees liegen, beträgt nach Bursian zwanzig. Diese Zahl ist jedenfalls viel zu gering angenommen, wenn man die unwirksam gewordenen dazu rechnet. Die wesentlichsten und wirksamsten Katabothren haben, wie dies in den Kesselthälern auch ausserhalb Griechenlands üblich ist, besondere Namen, nur sind dieselben so verschieden angegeben, dass man darauf verzichten muss, sie zu verzeichnen. Die grösste Katabothre bildet eine Höhle von 25 *m* Höhe, in die man bei günstigem Wasserstande ziemlich weit hineingehen kann. Das Wasser versickert noch vor dem Ende der Höhle zwischen Steintrümmern (jedenfalls Deckenbruchstücken), welche die weitere Fortsetzung der Höhle verlegt haben. Die Höhe dieser Auffüllung dürfte 15 bis 20 *m* betragen. Nach den Erfahrungen, die man bei den Erforschungsarbeiten am österreichischen Karste gemacht hat, liegen nämlich die Abzugshöhlen stets um mindestens soviel tiefer als die Thalsohle.

Der Peloponnes ist nicht minder reich an Karsterscheinungen als Nordgriechenland, seine Hydrographie ist stellenweise noch verwickelter als jene der Karstgegenden von Nordgriechenland.

Der grösste unter den typischen Katabothren-Seen im Peloponnes ist der Pheneossee (auch Phoniasee genannt). Mitten zwischen Bergen eingeschlossen, deren Höhe 2000 *m* und darüber beträgt, hat der See selbst die bedeutende Höhenlage von ca. 700 *m*.

In der Nähe des Pheneossees liegt im Osten der Stymphalossee (auch Sarakasee oder Zarakasee genannt), darum einer der merkwürdigsten von ganz Griechenland, weil sein Ausfluss (als welcher der Erasinos in Argolis gilt) ausserordentlich weit vom See entlegen ist. Diese Distanz beträgt circa 35 *km*. Dem Abflusse steht nur eine einzige Katabothre zu Gebote, die aber von bedeutender Tiefe sein soll. Der See liegt ungefähr 600 *m* über dem Meeresniveau und hat gleich dem Pheneos wiederholt abnorme Hochstände gehabt.

Durch ganz Arkadien zieht in fast gerader Linie von Norden nach Süden eine Reihe von Kesselthälern, darunter Pheneos und die beiden Kessel von Orchómenos. Südlich von Orchómenos setzt sich diese Reihe in der grossen Ebene von Mantinea fort, die ihrerseits wieder eine Fortsetzung in der Ebene von Tripolis (tegeatische Ebene) hat. Die beiden Ebenen haben jede ihr selbständiges Flusssystem, obgleich ein Bach eine Ausnahme macht, welcher dem Gebiete der tegeatischen Ebene angehört, aber durch die beide Ebenen verbindende Thalenge in das Gebiet der Ebene von Mantinea herübertritt und dort häufig Überschwemmungen verursacht. Alle übrigen Wasserläufe in den beiden Thalebenen gehören dem eigenen Niederschlagsgebiete an. Jene von Mantinea verschwinden in den zahlreichen Katabothren, die am Ost- und Westrande der Ebene, ja sogar auch mitten in derselben liegen. Dass ein Teil der Ebene sumpfig ist, wird der Sorglosigkeit der Bewohner zugeschrieben, welche die Sauger nicht in gutem Zustande erhalten. Nach der Beschreibung sind diese Katabothren keine Schlundhöhlen, sondern Saugtrichter, wie sie im Zirknitzer- und im Planinathale sehr häufig vorkommen. Sie können nur gewöhnliche Sauglöcher mit geringem Querschnitte sein, die gruppenweise bei einander liegen. Aber auch diese Art von minder wirksamen Katabothren muss unzweifelhaft mit Abzugshöhlen in Verbindung stehen, wenngleich diese nur theoretisch nachweisbar sind.

Sehr absonderliche hydrologische Verhältnisse herrschen auch in der tegeatischen Ebene. Der Hauptfluss ist der Sarantapotamos, der aus dem Gebirge kommt, welches die Wasserscheide zwischen der Ebene von Tripolis (oder Tegea) und der grossen spartanischen Ebene bildet. Dieser Fluss hat in historischer Zeit seinen Lauf geändert. Einst floss er sofort nach seinem Austritte aus dem Gebirge in westlicher Richtung längs des Thalrandes bis zu einer Katabothre, welche unterhalb der Boreion genannten Höhe (1088 *m*) liegt, und noch heute den Abzug der Gewässer des am Fusse des Berges sich ausbreitenden Taka-Sumpfes bildet. Durch diese Katabothre floss der Sarantapotamos in das Thal von Asea hinüber, welches zum Flussgebiete des Alpheios gehört. Über die Zeit, in welcher der Fluss seinen Lauf geändert hat, liegen keine genauen Daten vor. Thatsache aber ist es, dass er heute den Bogen gegen Westen nicht mehr macht, sondern in nördlicher Richtung noch über die Ruinen von Tegea hinaus fliesst und dann in weitem Bogen der östlichsten Ausbuchtung der Ebene zueilt, wo er in einer Katabothre verschwindet, die mit einer der Küstenquellen südlich von Argos in Verbindung stehen dürfte.

Lakonien (Lacedaemon) hat in seinem Hauptteile keine ausgesprochenen Kesselthäler. Die Hochebene von Sparta mag einst vielleicht vor dem Durchbruche des Eurotas durch das Gebirge im Süden ein grosser Landsee gewesen sein, allein von auffallenden Karsterscheinungen liest man nichts. Der Thalbildungsprozess ist

dort schon zu weit vorgeschritten, und die subterrane Erosion findet in den schmalen Gebirgszügen nur wenig Angriffspunkte mehr. Der Plateaucharakter eines Gebirges ist ja eine Hauptbedingung der Karsterscheinungen, die an das geologische Alter der Gesteine nicht gebunden sind, denn man trifft Karsterscheinungen in allen Kalkgebirgen, vom Devon bis zur Flyschzone hinauf. Die zweite Hauptbedingung ist die Klüftigkeit und die leichte Erodierbarkeit des Gesteues, und darum giebt es in Massengesteinen keine Karsterscheinungen, keine Kesselthäler mit Katabothren und dergleichen.

In Argolis treffen wir einerseits auf der argivischen Halbinsel auf ein wirkliches Kesselthal, anderseits auf der Westküste des Golfes von Nauplia auf die Austrittsstellen der arkadischen Gewässer. Das Thal von Didymo ist das erwähnte Kesselthal. Es hat eine bedeutende Höhenlage und liegt unter dem Gipfel des Didymi, der sich 1078 *m* über das Meeresniveau erhebt. Der (nach den Angaben von Boblaye und Curtius) fast kreisrunde senkrechte Schlund hat einen Durchmesser von 200 bis 300 *m* und eine Tiefe von 25 *m*. Wegen ihrer regelmässigen Form wird diese Katabothre, die zwei kleine Wildbäche verschlingt, vielfach für ein Werk von Menschenhand betrachtet, wogegen wohl die riesigen Dimensionen deutlich genug sprechen. Sie ist eine Einsturzerscheinung gleich den Foiben von Istrien und den Dolinen der übrigen Karstländer, nur ihr Durchmesser ist auffallend zur verhältnismässig geringen Tiefe. Wie es da unten aussehen mag, das erfährt man nicht, und es ist wohl keinem Reiseschriftsteller zuzumuten, dass er die Fahrt in den Abgrund machen solle, um die Neugierde eines Höhlenforschers zu befriedigen.

Mehr Nachrichten liegen über die Quellflüsse und submarinen Wasseraustritte der Westküste vor. Da ist vor allem der Erasinosursprung (Kephalobrysis oder Kephalari). Er entspringt zwischen dem Cháradros und Cheimarros aus einem „Chaón“ genannten Berge als fertiger Fluss (den einige auch nur als Bach bezeichnen), der sofort einige zu Argos gehörige Mühlen treibt. Ungleich den meisten anderen griechischen Flüssen, scheint der Erasinos ziemlich konstante Wasserführung zu besitzen, was wohl davon herkommt, dass er auf seinem langen unterirdischen Laufe einerseits keine Verdunstungsverluste erleidet und anderseits die in den unterirdischen Bassins angesammelten Wassermengen successive aufbraucht, sowie drittens, dass ihm aus seinem hochgelegenen Niederschlagsgebiete auch zu jener Zeit direkte Zuflüsse zukommen, wo die Wildbäche längst vertrocknet sind, weil die Schneefelder und Klüfte des Kyllene grosse Wassermengen auch noch während der Zeit der Dürre abzugeben vermögen. Oberhalb der Erasinosquelle gähnt der weite Rachen einer Höhle, von welcher der Berg wohl seinen Namen hat. Die Höhle zieht sich in zwei Gängen (nach Neumann) gegen 100 Fuss tief in den Berg hinein. Boblaye hat bereits darauf hingewiesen, dass diese Höhlengänge jedenfalls der Erosion des Erasinos ihren Ursprung

verdanken, und eine eingehendere technische Untersuchung müsste bald die verlegte Verbindungsstelle mit der grossen Wasserhöhle des Erasinos konstatieren können. Mit Hilfe von durchaus nicht schwierigen Ausräumungsarbeiten könnte die ununterbrochene Verbindung wieder hergestellt und der Zugang zu einer Naturmerkwürdigkeit erschlossen werden, die an Grossartigkeit nichts zu wünschen übrig lassen würde. Wasserhöhlen in der Länge von 35 *km* giebt es nicht viele, und Griechenland könnte mit geringen Kosten um eine Sehenswürdigkeit bereichert werden, die wegen ihrer leichten Erreichbarkeit von der Eisenbahnstation Argos aus wohl vielfach besucht werden dürfte.

Der Westen des Peloponnes ist viel ärmer an Karsterscheinungen. An Seebildungen fehlt es dort zwar nicht, allein diese sind zumeist Lagunen oder Küstenseen, welche von Flüssen durchflossen werden."

Schliesslich bemerkt Kraus, dass der Ausdruck „Karst-Terrain" vielfach falsch angewendet werde, was schon häufig zu Missverständnissen Anlass gegeben hat. „Als Karst oder als verkarstet wird oft eine denudierte, vegetationsarme Gegend bezeichnet, welche durchaus keinen Karstcharakter besitzt, weil jene Erscheinungen fehlen, denen zufolge man berechtigt ist, ein Terrain als verkarstet zu bezeichnen. Es giebt ebensowohl vegetationsarme, als vegetationsreiche Karstgegenden; was aber ein Terrain zum Karste stempelt, das sind gewisse Oberflächenerscheinungen, welche durch das Zusammenwirken der oberirdischen mit der subterranen Erosion hervorgerufen werden. Grundbedingungen für das Auftreten der Karsterscheinungen sind, wie bereits erwähnt, die Plateauform des Gebirges; ferner die Klüftigkeit des Gesteines, welche der Infiltration Thür und Thor öffnet, und die leichte Löslichkeit der gebirgsbildenden Felsart. Darum findet man Karsterscheinungen fast ausschliesslich auf Kalkplateaus, ohne Rücksicht auf das geologische Alter derselben. Dort sickert das Wasser durch tausend Spalten und Klüfte in tiefere Horizonte, wo es Gänge bilden hilft, die sich immer mehr erweitern, bis die schwache Decke einbricht, und klaffende Schlünde an der Oberfläche die Stelle bezeichnen, wo die subterrane Erosion den Boden unterwühlt hat. Durch fortgesetzte Einbrüche entstehen förmliche Thalrinnen ohne Ausgang, die mit den grossen Kesselthälern eine gemeinsame Entstehungsursache haben, nur dass letztere eine Folge successiver Einbrüche sind, die nach verschiedenen Seiten erfolgen. Die subterrane Erosion erzeugt demzufolge eigentümliche Reliefformen, die es dort nicht giebt, wo nur die oberirdische Erosion allein thalbildend wirkt. Der Fachmann wird daher den Karstcharakter einer Landschaft auch dann noch erkennen, wenn der Thalbildungsprozess schon so weit vorgeschritten ist, dass vom einstigen Plateaugebirge nur mehr ein durch tiefe, offene Thäler durchschnittener Rest übrig bleibt. Wo aber wie in Griechenland fast überall abflusslose Seethäler (Kesselthäler) zu finden sind, und

wo dort, wo dieselben scheinbar fehlen, Depressionen existieren, die unzweifelhafte Anzeichen besitzen, dass sie einst Kesselthäler waren, dort hat man das Recht, von einer Karstlandschaft zu sprechen, wenn auch die in den nördlicheren Karstgegenden so häufigen Karsttrichter (oder Dolinen) in Griechenland selten vorkommen sollten. Uebrigens fehlt es dort auch an diesen nicht. Die grosse Doline von Didymi ist ein Einsturz, dessen Steilwände nur noch nicht abgeböscht sind. Mit der Zeit wird auch sie durch Verwitterung die Trichterform erhalten, wie alle alten Dolinen, die stets zuerst Steilränder hatten. Wenn auch weder bei Curtius, noch bei Bursian die Rede von Dolinen mit Trichterform ist, so muss es deren doch in Griechenland ebenso geben, wie in anderen Karstländern."

Der Quellsee des Mississippi, der Lake Itaska, ist von Warren Upham unlängst besucht worden[1]). Der See liegt in einer noch wenig besiedelten Gegend, die nächste Farm ist von ihm 30 *km* entfernt, und nur selten verirrt sich ein Forscher dorthin. Die ganze Umgebung des Quellsees ist Moränengebiet; er selbst liegt etwa 440 *m* über dem Meere, die Umgebung 100 *m* höher; eine gewaltige Moräne, die zehnte von der Endmoräne des grossen Landeises an gerechnet, scheidet den See von dem Quellgebiete des Red River und trägt den Namen nach ihm. Die Einsenkung, in welcher heute der Mississippi fliesst, ein 3 bis 6 *km* breites und 30 bis 60 *m* tiefes Thal, ist wie die ähnlichen Thäler des La Salle, Hennequin und Schoolcraft älter als die Glazialzeit, aber die Seen sind mit verschwindenden Ausnahmen Moränenbildungen. Der Itaskasee hat in neuer Zeit nur wenig Schwankungen in seinem Wasserstande erfahren; aber aus Nicollet's sorgsam aufgenommener Karte ersieht man, dass er 1835 mindestens 1 *m* höher stand und mit dem heute offiziell Elk Lake genannten Nachbarsee zusammenhing, den die Indianer Gabukegumag nennen, „das Wasser, das nach einer Seite ausfliesst". Es ist von Interesse, dass um dieselbe Zeit alle die Gewässer der nördlichen Vereinigten Staaten eine ungewöhnliche Wasserfülle hatten, und selbst der Erie 2 *m* höher stand, als im Winter 1819 bis 1820. Heute ist der Itaska etwa 5 *km* lang; von seiner Mitte streckt sich eine Bucht etwa 3 *km* östlich, so dass der See aus drei Armen zu bestehen scheint. Das Wasser ist völlig klar, im Hauptteile nur bis 12, in den Seitenbuchten dagegen 24 *m* tief; die Ufer sind, wo keine Bäche einmünden, steil, gut bewaldet, reich an guten Nadelhölzern (red pine, white pine, Pinus Banksiana), Pappeln, Aspen, an Wild und Fischen. Von den zahlreichen Zuflüssen ist der auf den Karten als Nicollet's Creek bezeichnete der stärkste und als der eigentliche Quellfluss des Mississippi zu betrachten; doch hat man sich in den offiziellen Kreisen des Staates entschlossen, ihm seinen Namen zu lassen und den Itaska als die Mississippiquelle zu betrachten[2]).

---

[1]) Bulletin Minnesota Academie **3.** Nr. 2.
[2]) Globus 1892. p. 333.

Ein neuer See in der Coloradowüste hat sich in der Nähe des Örtchens Salttown gebildet[1]. Am 23. Juni 1891 bemerkte der Besitzer einer dort befindlichen Salzgrube, dass im Süden der Ansiedelung, wo Spuren eines ausgetrockneten Sumpfes erkennbar waren, der Boden sich feucht zeigte. Am folgenden Morgen war kein Zweifel mehr möglich; der Boden war nicht bloss feucht, sondern mit Wasser bedeckt, und die Bewohner der Salzstadt merkten alsbald, dass dieses Wasser mit unheimlicher Schnelligkeit stieg. Am dritten Tage hatte der neugebildete See schon 48 *km* Länge und 13 *km* Breite; dabei brachte man in Erfahrung, dass sich etwa 160 *km* weiter südlich ein zweiter, noch grösserer See gebildet hatte, der von dem ersten nur durch eine niedrige Sandwelle getrennt war. Die Saline stand schon vollständig unter Wasser, alles war entflohen, und seitdem fehlen nähere Angaben. Doch ist, nachdem das Wasser sich einmal Bahn gebrochen hat, nicht zu bezweifeln, dass das ganze niedrige Wüstenbecken sich füllt oder gefüllt hat; es wird dann einen See von etwa 7500 *qkm* Fläche darstellen. Für die umgebende Landschaft ist das ohne Frage ein grosser Vorteil. Es ist wahrscheinlich, dass das Wasser des Colorado in das tief gelegene Becken eingebrochen ist. Der grosse Strom führt gewaltige Mengen von Sand und Schlamm mit sich; diese häufen sich an seiner Mündung an und verstopfen diese von Zeit zu Zeit, so dass er genötigt wird, sich einen neuen Weg ins Meer zu suchen. Der Überlieferung nach soll er seine Mündung in geschichtlichen Zeiten mehrmals (die Indianer sagen, alle 50 Jahre) verlegt haben, und das würde mit der Überlieferung stimmen, wonach das Wüstenbecken schon früher wiederholt ein See gewesen wäre. Die geologischen Anzeichen deuten gleichfalls auf periodische Seenbildung in der Gegend, bestätigen also die Volkserzählungen. Eine solche Änderung des Flusslaufes ist offenbar jetzt im Gange oder schon vollzogen; doch fehlen noch bestimmte Angaben über ihre Einzelheiten. Der Umstand, dass das Wasser im mittleren Becken zuerst als Grundwasser erschien, hat unter den wenigen Bewohnern des Wüstengebietes zur Bildung von allerlei Sagen Anlass gegeben; die einen wollten eine unterirdische Verbindung mit dem Meere, die anderen gar eine solche mit dem grossen Salzsee von Utah annehmen, aber das Wasser des neuen Sees ist süss, und darum kann es nur aus dem benachbarten Flusse stammen. Seine Zukunft lässt sich aus der Vergangenheit erschliessen. Der See wird sich halten, solange der Coloradofluss ihn speist, ändert dieser seinen Lauf aufs neue — und dass das über kurz oder lang geschehe, ist zu erwarten —, so beginnt der See einzutrocknen. Der jährliche Regenfall am unteren Colorado beträgt etwa 8 *cm*, die Verdunstungshöhe dagegen erreicht in der niedrigsten Lage den kolossalen Wert von 2.5 *m*; die Wassertiefe nimmt also jährlich um mehr als 2 *m* ab, der See wird kleiner und kleiner; da das

[1]) Köln. Ztg. 1892. Nr. 4.

Salz nicht mit verdunstet, wird er zugleich salzig und salziger, bildet erst ein „Totes Meer“, dann einen Salzsumpf und zuletzt eine „Alkaliwüste“, wie in den letzten Jahrzehnten, bis ein neuer Einbruch des Flusswassers ihn wieder füllt.

Der grosse Binnensee (Mar Chiquita) in der Provinz Cordoba (Argentinien) ist im Jahre 1891 von dem Ingenieur J. B. v. Grumbkow vermessen worden. Hiernach hat derselbe in der Richtung von O nach W eine Ausdehnung von 81 *km*, in jener von S nach N eine solche von 50 *km*, und seine Höhe über dem Meeresspiegel beträgt 82 *m*[1]).

Die vormalige Ausdehnung des Aralsees. Diesem See wird gewöhnlich gegenüber seinem jetzigen Umfange ein viel grösserer in früheren Zeiten zugeschrieben. Chr. W. Bateson's Forschungen bringen diesen früheren grossen Umfang, wenigstens für die Zeit, seit welcher die heutige Fauna in ihm existiert, auf ein sehr bescheidenes Mass zurück. Das Studium der alten Muschelbänke führte Bateson zu genauen Untersuchungen über die Ausdehnung des Aralsees, und es ergab sich, dass die Zone der Ablagerungen nirgends über 15 Fuss über das heutige Niveau des Sees hinausgeht. Diese Grenze ist scharf ausgeprägt, und eine Verwitterung von Lagen in grösserer Höhe ist vollkommen ausgeschlossen. Somit hat der Aralsee nie die Wüste Kara-Kum ganz überflutet und hat nie mit dem Tschalkarsee in Verbindung gestanden[2]).

Die Schwankungen im Spiegel des Kaspischen Meeres wurden von W. Filipof studiert[3]). Die Arbeit ist in ihrer Durchführung nicht einwandfrei, bestätigt indessen die grossen Schwankungen, wie sie Brückner schon dargestellt hat. Da letzterer in seinen Untersuchungen nur die Pegelbeobachtungen bis 1878 verwerten konnte, so giebt er nunmehr mit Benutzung von Filipof folgende 5-jährige Mittel in *cm* bis 1885:

	Baku	Aschor-Ade	Mittel
1851—55	—18	—29	—21
1855—60	—28	—	—28
1861—65	—18	—15	—19
1866—70	19	4	19
1871—75	17	12	17
1876—80	43	47	45
1881—83	60	61	60
1884—85	32	—	32

Von der zweiten Hälfte des Jahres 1850 an stieg der Wasserstand kontinuierlich, erreichte 1880 ein Maximum und sinkt jetzt wieder. Als Ursache der Änderungen betrachtet Filipof die wechselnde Wasserführung der Flüsse. Seine beiläufige Meinung, 1806

[1]) Bol. Jnst g. Argent. 1891.

[2]) Globus **51.** Nr. 5.

[3]) Sapiski der k. russ. geogr. Ges., Abteil. f. allg. Geogr. **20.** Nr. 2. Sachliches Referat von Brückner in Peterm. Mitteil. 1892, Litteraturbericht Nr. 705. p. 98.

und 1830 sei der Wasserstand des Meeres der gleiche gewesen, ist nach Brückner irrig.

Moorausbrüche. Es kommt vor, dass Torfmoore unter Auftreten von Detonationen plötzlich anschwellen, an einer Stelle ausbrechen und einen schwarzen Schlammstrom über die umliegenden Landstriche ergiessen. Diese Erscheinung ist so selten, dass Joseph Klinge[1]) für Europa nur 9 Beispiele, und zwar für die Zeit von 1745 bis 1883 ausfindig machen konnte. Unter den Erklärungsversuchen, welche seit Leonhard (1823) gemacht wurden, haben sich namentlich zwei Geltung verschafft: Der eine nimmt an, dass das Anschwellen und Ausbrechen der Moore durch übermässige Aufnahme von Wasser über den Sättigungsgrad des Torfes hinaus verursacht sei; und die Ursache dieser Wasseraufnahme finden einige in eigentümlichen Stauungsverhältnissen, andere in anhaltenden Regengüssen. Der zweite Erklärungsversuch beruht auf der Annahme, dass unter den Mooren angehäufte starke Gasansammlungen und infolgedessen plötzlich eintretende Gasexplosionen die hier behandelten Katastrophen herbeigeführt hätten. Beide Erklärungen treffen nach dem Urteile Klinge's nicht das Richtige.

Zunächst erinnert er daran, dass zwei Arten von Mooren zu unterscheiden seien: Flachmoore und Hochmoore. Erstere entwickeln sich in Mulden und Kesseln als Verwachsungsmassen der Gewässer oder in Überschwemmungsgebieten von fliessenden und stehenden Wasseransammlungen und erhalten daher hauptsächlich terrestrisches Wasser; die Pflanzen, welche diese Moore zusammensetzen, sind im wesentlichen Gräser. Die Hochmoore dagegen entstehen auf schwach gewölbten Hügeln, an Abhängen u. s. f., stets ausserhalb der Überschwemmungsgebiete und nehmen nur meteorisches Wasser auf; ihre Vegetation besteht aus Torfmooren. In den vorhandenen Schilderungen von Moorausbrüchen wird in einigen Fällen ausdrücklich hervorgehoben, dass es sich um Hochmoore handelte, und die Beobachtungen, auf welche Klinge seine Ausführungen stützt, sind fast ausschliesslich an Mooren dieser Kategorie angestellt.

Ein Wechsel der Niederschlagsmenge beeinflusst die Zusammensetzung der Vegetation der Hochmoore und bewirkt daher einen entsprechenden Wechsel verschieden ausgebildeter Schichten im Torfe. Nur in solchen Hochmooren, die unter stets sich gleichbleibenden Feuchtigkeitsverhältnissen, wie z. B. in unmittelbarer Nähe einer sehr niederschlagsreichen Westküste, sich entwickelt haben, findet man eine ziemlich regelmässige Zunahme der Vertorfung von oben nach unten, wobei scharf abgegrenzte Schichtenfolgen nicht zu erkennen sind. In Hochmooren, die unter dem Einflusse schroffer klimatischer Gegensätze stehen, wechseln vollständig vertorfte und fast unvertorfte Lagen mit einander ab; häufig sind die oberen Schichten mehr vertorft, als tiefer lagernde, und oft lagert über ganz unvertorften Schichten eine fast humöse Masse.

[1]) Botanische Jahrbücher **14.** p. 426.

Die Verschiedenheit in der Konsistenz der Torfschichten entspricht einer ebenso wechselnden Imbibitionsfähigkeit und Wasserkapazität der einzelnen Torfe. Jede Torfart desselben Hochmoores beansprucht ein bestimmtes Quantum Imbibitionswasser, welches über eine obere und untere Grenze nicht hinausgeht. Dieser Sättigungsgrad eines einzelnen Torfes wird auch durch wechselnde klimatische Verhältnisse nicht mehr verändert; letztere haben vielmehr nur Einfluss auf die oberste noch nicht vertorfte Schicht und auf die lebende Vegetationsdecke. Unter keinen Umständen finden in einem Hochmoore vertikal (oder horizontal) verlaufende Wasserströmungen statt. Das Vermögen der Kapillarleitung für Wasser und andere Stoffe ist in fertigen Torfen auf Null herabgesetzt.

Auch die reichlichsten Niederschlagsmengen vermögen daher nicht dem Torfe mehr Wasser zuzuführen, als er aufzunehmen vermag. Die obere unvertorfte Schicht und die Vegetationsdecke, die in höchstem Grade hygroskopisch sind, nehmen wie ein Schwamm alle niederströmende Feuchtigkeit auf, bis auch ihre Sättigungsgrenze erreicht ist. Dann sammelt sich der Überschuss des Wassers in eigentümlichen Vertiefungen, den Hochmoorteichen, an, die wiederum durch periodisch wirkende Rinnsale, die Hochmoorbäche, oberflächlich mit einander in Verbindung stehen, um durch diese endlich ihren Überschuss der Randzone der Hochmoore zuführen zu lassen. Je mehr ein Hochmoor dem Einflusse feuchter atlantischer Luftströmungen ausgesetzt ist, um so mehr Moorteiche finden sich in ihm; tiefer im Kontinente verschwinden sie dagegen ganz, da sie hier unnötig werden.

Aus diesen Gründen, die Klinge noch durch einige andere vermehrt, geht zur Genüge hervor, dass ein Überschuss von Regenwasser nicht vermag, die tiefer liegenden Torfschichten zu einem „dünnflüssigen Teige“ umzuwandeln, wie es der erste der eingangs erwähnten Erklärungsversuche annimmt. Und was die Gasexplosionen anbetrifft, die nach der zweiten Erklärung die Ursache der Moorausbrüche sein sollen, so können diese ohne Mitwirkung genügender Wassermengen keinesfalls derartige Eruptionen veranlassen.

Fasst man aus den Einzelbeschreibungen der vorhandenen Beispiele die Hauptpunkte zusammen, so ergiebt sich folgendes Bild der äusseren Erscheinungen, welche die Moorausbrüche auszeichnen:

1. Die meisten der bekannt gewordenen Moorausbrüche sind in Irland erfolgt. 2. Heftige Niederschläge sind in mehreren Fällen vorhergegangen. 3. Es zeigte sich zunächst ein blasenförmiges Auftreiben der Moore. 4. Detonationen, verbunden mit Erderschütterungen, fanden vor und während des Ausbruches statt. 5. Ein plötzliches Bersten und Platzen der hochgespannten, verfilzten Moordecke leitete die eigentliche Eruption ein. 6. Der Ausbruch war auf demselben Moore lokalisiert. 7. Es stürzten dünnflüssige bis breiartige Schlammmassen während des Ausbruches hervor. 8. Die ausgebrochenen Schlammmassen wälzten Torfschollen vor sich her. 9. Eine abwechselnde Beschleunigung und Verlangsamung des Schlammstromes

fand in bestimmten Fällen statt. 10. Der Schlammstrom wühlte den Boden auf. 11. Schlammmassen, die quantitativ bedeutender waren als die ausgebrochenen Torfmengen, ergossen sich in die Umgebung. 12. Nach dem Ausbruche fand ein schnelles Erstarren der Schlammmassen statt. 13. Es erfolgte ein schnelles Zurücksinken des Moores, besonders an der Ausbruchsstelle. 14. Den Schlussakt der Eruption bildete das Entstehen von Trichterseen oder Trichterteichen an der Ausbruchsstelle.

Diese Einzelerscheinungen des Gesamtphänomens erinnern an die analogen Vorgänge der Schlammausbrüche im allgemeinen und der Eruption der Schlammvulkane im besonderen. In der That sind die Moorausbrüche auch nur die Folge von zufällig unter dem Moore eintretenden Erderschütterungen, Erdstürzen, Rutschungen und dergl., welche Wasserdurchbrüche oder auch den plötzlichen Erguss flüssiger Schlammmassen in das Moor nach sich ziehen. Diese Flüssigkeitsmassen zertrümmern den Torf mechanisch, vermischen sich mit ihm, verflüssigen ihn und brechen mit ihm aus. Aus der näheren Begründung, die Klinge für diese Ansicht giebt, heben wir folgende Punkte hervor,

Irland, auf das von den neun beschriebenen Moorausbrüchen sieben entfallen, liegt zum grossen Teile auf Kalkgebirge. Wohl in keiner anderen Gebirgsart sind Erdstürze so häufig, wie in dieser, wo durch Auswaschung grosse Höhlen mit kolossalen Wassermassen entstehen. Die Erdstürze, gewöhnlich mit Erderschütterungen verbunden, sind in nassen Jahren häufiger und ebenso häufig infolge anhaltenden Regens. Das Aufsteigen der in unterirdischen Räumen aufgespeicherten Wassermassen erfolgt nach den Gesetzen der Hydraulik, und die drückenden Wassersäulen können oft meilenweit entfernt sein.

Wo den Moorausbrüchen starke Regengüsse vorausgegangen sind, da können die letzteren nur die indirekte Ursache der Eruptionen gewesen sein. Stellen wir uns auf den alten Standpunkt über die Moorausbrüche, so würden auch lange anhaltende Regen nicht genug Wasser herabführen, um die Moore zum Ausbruche zu bringen. Auch müsste von diesem Standpunkte aus, da periodische Regenzeiten überall wiederkehren, auch in dem Auftreten der Moorausbrüche sich eine Periodizität nachweisen lassen. Das ist jedoch nicht der Fall, vielmehr gehören die Moorausbrüche zu den aussergewöhnlichsten geologischen Ereignissen. Daher können sie auch nur durch ausserordentliche Ursachen veranlasst sein, und diese sind: Erderschütterungen und Erdstürze, verbunden mit plötzlichen unterirdischen Wasserergüssen, oder plötzliche Wasser- und Schlammdurchbrüche, welche zufällig unter den Lagerorten von Mooren stattfanden und in diese durch den Untergrund hineinstürzten. Auf einen solchen Vorgang weisen auch die Detonationen und Erderschütterungen, die während der Moorausbrüche wahrgenommen worden. Es bleibt

jedoch nicht ausgeschlossen, dass auch vulkanische Kräfte oder andere Ursachen beteiligt sein können.

Den besten Beweis dafür, dass eine mechanische Zertrümmerung der Torfmassen und keine Auflösung und Verflüssigung derselben durch Imbibition eintritt, liefern die weit von ihrem Entstehungsorte fortgeschwemmten Torfschollen, und zwar werden diese fortgewälzten Torfstücke von den obersten Moorschichten herrühren und zum grossen Teile bei dem plötzlichen Zerreissen der äusseren Decke entstanden sein. Je tiefer die Torfschichten lagerten, und je länger sie der Wassergewalt ausgesetzt waren, um so feiner wird auch die Torfsubstanz in dem Wasser zerkleinert worden sein. Die Angabe, dass der ausgebrochene Schlammstrom den Boden aufwühlte, lässt auch darauf schliessen, dass er sich in hochgradig flüssigem Zustande befand und nur accessorisch Gemengteile von Schlamm und Torf führte.

Nach dem Moorausbruche entsteht an Stelle des Eruptionskraters ein See oder Teich von klarem Wasser, was einen deutlichen Beweis dafür liefert, dass der Ausbruch durchaus lokalisiert stattfand und nur die mechanisch zertrümmerten Torfteile durch diesen Akt zum grössten Teile entfernt wurden.

Klinge vermutet, dass Moorausbrüche schon in älteren Erdperioden, namentlich in der Steinkohlenzeit, eingetreten sind, und meint, dass diese Ansicht durch jene Flötze unterstützt werde, in denen sich aufrechtstehende fossile Baumstämme befinden. „Es haben hier jedenfalls Dislokationen stattgefunden, denn die die Baumstämme umlagernde Kohlenmasse ist in den meisten Fällen homogen und fast strukturlos. Die jedesmalige Neigung des Baumes nach einer bestimmten Richtung, das Aufliegen der Blattreste auf dem Liegenden oder auf der Schicht, in welcher der Baum wurzelte, das meist strunkhafte Aussehen des Stammes und vieles andere scheint für diese Ansicht zu sprechen. Die Bäume müssen jedenfalls ursprünglich viel höher gewesen sein als ihr jetzt meist nur 12 Fuss Höhe zeigender Strunk; sie sind später nach Umlagerung der ausgeflossenen Massen über denselben abgebrochen. Das ausgebrochene Carbonmoor hat den wahrscheinlich sehr widerstandsfähigen Baum nicht stürzen können, sondern ihn nur umlagert und ein wenig nach der Stossseite [?] geneigt, was übrigens auch auf einen weniger heftigen Ausbruch schliessen lässt. Spätere Schlammergüsse und Verschüttungen haben dann das Hangende gebildet . . .“ Ob das Vorkommen aller aufrechten fossilen Baumstämme auf dieser Entstehungsursache beruht, lässt Klinge dahingestellt.

12. Gletscher und Glacialphysik.

Die Geschichte der Gletscherschwankungen in den Alpen ist von E. Richter in einer grossen Arbeit dargestellt worden, die alle Nachrichten über Gletscherstände in den Alpen berück-

sichtigt, welche in der Litteratur auffindbar waren[1]). Für die Beurteilung der Klimaschwankungen sind die Gletscherstände von grösster Wichtigkeit. „Brückner," sagt Richter in der Einleitung zu seiner Arbeit, „hat die Gletscherschwankungen und ihre Geschichte nicht näher behandelt, obwohl er durch die sie betreffenden Arbeiten Forel's und anderer auf das Thema der Klimaschwankungen gebracht worden war. Er hat das damit begründet, dass die Veränderungen in der Ausdehnung der Gletscher zeitlich ein zu wenig sicherer Anzeiger für die Änderungen der Wärme und des Niederschlages seien. Ich glaube, dass er hierin den Gletschern doch einigermassen Unrecht gethan hat. Die Gletscher sind in dieser Richtung nicht viel anders zu beurteilen als die Seen, welche auch eine Verzögerung ihrer Hochstände gegenüber der feuchten Witterung, die sie hervorgerufen, erfahren. Früher glaubte man allerdings, dass zwischen den Vorstössen der Gletscher und den sie veranlassenden grossen Schneefällen viele Jahrzehnte, ja Jahrhunderte lägen. Aber schon **1858** hat Sonklar die Ansicht aufgestellt, dass die Wirkung „eines sehr schlechten Jahres (dem andere ähnliche vorhergegangen sind), auf den Anwuchs der Gletscher sich schon im ersten oder zweiten Jahre danach zu äussern beginne" [2]). Freilich war das Material etwas mangelhaft, auf welches er sich hierbei stützte. Viel später hat dann Forel in seinem bahnbrechenden „Essai sur les variations périodiques des glaciers" [3]) aus der Gleichzeitigkeit des Vor- und Rückgehens der Mehrzahl der Gletscher geschlossen, dass nicht von Jahrhunderten, sondern nur von Jahrzehnten die Rede sein könne. Der Verfasser hat dann versucht, nachzuweisen, dass man noch kürzere Termine annehmen dürfe, und so z. B. der Vorstoss um **1840** auf die erst wenige Jahre zuvor eingetretene Vermehrung der Niederschläge zurückzuführen sei, sowie der aussergewöhnliche Betrag des Rückganges in den siebziger Jahren durch die warme und trockene Periode von **1860**—**1865** erklärt werden könnte[4]). Dazu hatte sich Forel noch nicht entschliessen können, der als Veranlassung des letzten Rückganges noch an trockene Jahre dachte, welche vor der nassen Periode von **1840** lagen. Lang kam dann bei Untersuchung der Witterungsverhältnisse unseres Jahrhunderts in ihren Beziehungen zu den Gletscherschwankungen ebenfalls zu dem Ergebnisse, dass nur ganz kurze Zeiträume zwischen den nassen und kühlen Zeiten und dem Gletscherwachsen liegen[5]). Dieselbe Ansicht hatte auch schon Heim gewonnen, indem er die „Verzögerung der Periode" im allgemeinen auf 5—6 Jahre ansetzte[6]).

---

[1]) Zeitschr. des Deutsch. u. Österr. Alpenvereins **22.** p. 1. u. ff.
[2]) Sitzungsber. d. k. k. Akad. d. Wissensch. **32.** p. 194.
[3]) p. 29.
[4]) Obersulzbachgletscher. Zeitschr. D. u. Ö. A.-V. 1883.
[5]) Meteorol. Zeitschr. 1885. p. 443.
[6]) Gletscherkunde p. 527. Sieger's Ansicht, dass die Verzögerung der Periode bei der trockenen Zeit von 1860—1865 „überraschend" gross sei

Damit sind die Klimaschwankungen und Gletscherschwankungen einander so nahe gerückt, dass der Parallelismus der Kurven noch leicht erkennbar bleibt. Fällt aber dieses Bedenken gegen die Verwertung der Gletscherschwankungen als Klimaanzeiger, so wird man zugeben müssen, dass dieselben an Bestimmtheit und Zuverlässigkeit fast alle anderen Arten von Nachrichten, aus welchen man Klimaveränderungen entnehmen kann, bei weitem übertreffen. Denn ein Gletschervorstoss ist eine viel leichter zu beobachtende Thatsache als wechselnde Wasserhöhen, gefallene Regenmengen oder jede andere Art meteorologischer Vorgänge, deren Verwendbarkeit gänzlich von der Verlässlichkeit der Aufzeichnungen abhängt. Es giebt in dieser Beziehung vielleicht nur eine noch auffallendere Erscheinung, nämlich das Verschwinden und Wiedererscheinen von Seen, wie des Neusiedlersees. Ich stehe also nicht an, den sicher überlieferten Gletscherveränderungen unter den Beweisstücken für Klimaschwankungen den ersten Rang einzuräumen."

Als Ergebnis seiner Arbeit, deren Detail in der obigen Quelle nachgesehen werden muss, kommt Prof. Richter zu folgenden Sätzen:

„1. Die Gletschervorstösse wiederholen sich in Perioden, deren Länge zwischen 20 und 45 Jahren schwankt und im Mittel der drei letzten Jahrhunderte genau 35 Jahre betrug.

2. Die Vorstösse sind nicht von gleicher Intensität und auch nach der Art ihres Verlaufes nicht ganz gleichmässig. Die Intensität ein und derselben Vorstossperiode ist nicht bei allen Gletschern die gleiche; verschiedene Gletscher haben in verschiedenen Perioden ihren bisher bekannten Maximalstand erreicht.

3. Es scheint eine nicht seltene Erscheinung zu sein, dass wenigstens für die oberflächliche Beobachtung von manchen Gletschern einzelne Perioden ganz übersprungen werden; d. h. dass entweder ein Rückgang oder ein Vorstoss so schwach angedeutet wird, dass er gegenüber den zwei benachbarten entgegengesetzten Perioden übersehen wird, und eine Hochstand- oder Schwindperiode von doppelter Länge in Erscheinung tritt.

4. Die Gletscherschwankungen stimmen im allgemeinen mit den von Brückner ermittelten Jahreszahlen der Klimaschwankungen der letzten drei Jahrhunderte überein. Der Gletschervorstoss macht sich bereits schon während der feucht-kühlen Zeit bemerkbar; die Verzögerung der Periode ist also noch geringer, als man bisher angenommen hat.

5. Ein zeitliches Vorauseilen des Eintrittes der Vorwärtsbewegung in einem Alpenteile gegenüber einem anderen lässt sich aus den älteren Perioden (vor 1880) nicht erkennen, besonders wenn

(Mitt. D u. Ö. A.-V 1888. p. 79) beruht auf einem Irrtume, da 1875 keineswegs als der Beginn oder auch nur als der Höhepunkt des Schwindens zu betrachten ist, sondern vielmehr als der Beginn einer neuen Vorstossperiode. Das Merkwürdige an dieser Zeit ist gerade, dass das Schwinden bei vielen Gletschern schon lange vor 1860 begonnen hat.

man beachtet, dass die Westalpen infolge ihrer grösseren Steilheit die „aktiveren" Gletscher besitzen.

6. Es ist in sehr ausgebreiteten Gebieten der Alpen die Volksmeinung zu finden, dass die Gletscher früher kleiner, und die Pässe wegsamer gewesen seien. Eine genaue Prüfung ergiebt aber:

a. dass einige Berichte so weitgehende Behauptungen aufstellen, dass eine solche Veränderung der Gletscher ohne eine sehr beträchtliche Änderung aller Vegetations- und Produktionsverhältnisse der Alpenländer, die uns nicht hätte unbekannt bleiben können, nicht hat stattfinden können;

b. dass eine grosse Anzahl von Verschlechterungen schon durch Gletscherschwankungen im bekannten Ausmasse erklärt werden kann, wie am Col de Fenêtre, Monte Moro und anderen.

7. Es liegt keine einzige wirklich gut beglaubigte Nachricht vor, welche uns nötigen würde, anzunehmen, dass in historischer Zeit, vor dem 16. Jahrhundert, die Alpengletscher dauernd kleiner gewesen seien als jetzt, vielmehr dürfte jene Volksmeinung vornehmlich durch die Erinnerung an die regelmässigen Gletscherschwankungen und die dadurch hervorgebrachten Veränderungen der Wegsamkeit beeinflusst sein."

Die Gletscherbewegungen in den französischen Alpen sind von Prinz Roland Bonaparte studiert worden[1]). Er liess 1890 an 16 Gletschern des Mt. Pelvoux zahlreiche Marken anbringen und nahm von jeder genau die Gletscherstirn photographisch auf. Dies wurde alljährlich wiederholt und dabei an den 16 Gletschern, welche Längen von 1 bis 6 *km* besitzen, festgestellt, dass im Jahre 1890 6 vorrückten, 8 zurückwichen und 2 stationär blieben, während im Jahre 1891 von denselben 16 Gletschern 6 vorrückten, 5 zurückwichen und 5 stationär blieben. Man sieht also, dass von 1890 bis 1891 drei Gletscher aufhörten zurückzuweichen und stationär geworden sind. „Dies scheint zu zeigen, dass wir am Ende der Periode des allgemeinen Rückganges sind, der vor etwa 35 Jahren begonnen hatte; aber der Beginn der Periode des Vorrückens im Massive des Pelvoux ist ziemlich jungen Datums, denn nach den Berichten, die wir haben sammeln können, haben die ersten Gletscher, die sich zum Vorrücken anschickten, ihre Bewegung erst vor wenigen Jahren begonnen." Weniger genau sind die Angaben, welche Bonaparte bei den Führern über 38 andere Gletscher des Pelvoux für das Jahr 1891 hat sammeln können. Danach befanden sich 8 im Vorrücken, 20 im Zurückweichen und 10 im stationären Zustande.

Hydrologische Messungen an Gletscherbächen. Prof. Finsterwalder machte[2]) Mitteilungen über die von ihm im Auftrage des Deutschen und Österreichischen Alpenvereines ins Leben gerufenen

[1]) Compt. rend. 1892. **114.** p. 862.
[2]) Meteorologische Zeitschrift 1892. p. 197.

Pegelstationen an Gletscherbächen und die Ergebnisse der Beobachtungen an denselben. Dieselben befinden sich zu Vent im Ötzthale und zu St. Gertrud im Suldenthale. Erstere funktioniert mit einigen Unterbrechungen seit September 1889, letztere seit September 1890. Das Einzugsgebiet der Venter Ache oberhalb der Pegelstation beträgt 152 *qkm* und ist zu 60 % vergletschert, das des Suldener Baches 45 *qkm* mit 45 % Vergletscherung. Profil- und Geschwindigkeitsmessungen begegnen im Sommer grossen Schwierigkeiten wegen der Breite und Tiefe der Bäche und ihrer Geschwindigkeiten (in Vent ist der Bach 12 *m* breit, bis 1.2 *m* tief, bei 2.5 *m* Maximalgeschwindigkeit). Ausserdem liegt bei der starken Geschiebeführung die Gefahr einer Veränderung des Profiles sehr nahe, weshalb die Profile alljährlich im Winter nachgemessen werden. Die Gletscherbäche zeigen gegenüber den hydrologisch bekannten Gewässern der Ebene und des Mittelgebirges folgende bemerkenswerte Erscheinungen, die durch die angeführten Pegelstationen zum ersten Male messend verfolgt wurden: 1. eine absolut genommen sehr bedeutende Wasserführung, die im Vergleiche mit den Regenbeobachtungen an gleicher Stelle einen Abflusskoeffizienten von 1.5—1.6 ergiebt. Dies kann nur durch eine ungewöhnliche Steigerung der Niederschläge mit der Höhe erklärt werden; 2. relativ bedeutende und langandauernde Niederwasser. In Sulden z. B. ergiebt das Niederwasser für den *qkm* Einzugsgebiet gerechnet gegen 20 *l* pro Sekunde und bleibt sich 6 Monate hindurch absolut gleich. Da gleichzeitig alle Bäche aus nicht vergletscherten Thälern abstehen, kann diese Erscheinung nur durch die Wirkung der Erdwärme auf die Unterfläche der Gletscher erklärt werden, die hiernach gegen 30 % der sommerlichen Ablation an der Oberfläche beträgt. 3. Die Sommerhochwasser sind dagegen relativ gering und betragen beispielsweise in Sulden nur das Sechsfache des Niederwassers. 4. Die Gletscherbäche haben im Sommer eine von der Ablation herrührende ausgeprägte Tagesperiode, deren Amplitude im Durchschnitte 13 % der Wasserführung beträgt. In Vent macht beispielsweise der regelmässige Unterschied der Wasserführung zwischen Morgen und Abend gelegentlich 5 *cbm* pro Sekunde aus. Hieran schliessen sich Ausführungen über die Unzulänglichkeit der üblichen Erklärung der Ablation des Gletschereises durch warmen Regen und seitlich unter das Eis mündende Tagewässer. Die Hauptarbeit bei Zerstörung der Eismassen ist dem direkten Strahlungseinflusse der Sonne zuzuschreiben. Prof. Finsterwalder betont wiederholt die Unsicherheit der aus den Beobachtungen hervorgegangenen absoluten Wassermengen, die er selbst auf 20 % schätzt, bemerkt aber, dass dieselbe die gezogenen Schlüsse nicht beeinträchtigt.

Der Ausbruch des Moränensees im Kaunserthale am 7. Aug. 1890 ist bezüglich seiner Ursachen von Prof. Dr. G. A. Koch untersucht worden, wobei sich ergab, dass dieser Ausbruch durch

das Kalben des Gallruttferners hervorgerufen wurde[1]). „Gleich anderen Gletschern war auch der Gallruttferner in den letzten Jahren zurückgegangen, und an einer geeigneten Stelle, welche genau zwischen Brühkopf und Tristkopf liegt, hat sich zwischen der wallförmigen, nicht besonders starken Endmoräne und dem Gletscherende ein See gebildet. Seitliche, von dem Westabfalle des Tristkopfes herabgelangende Schuttmassen scheinen die Endmoräne etwas verstärkt zu haben.

Das Gletscherthor erweiterte sich successive, und der Spiegel des Sees drang immer tiefer unter den Gletscher hinein, dessen Grundmoräne offenbar schon zu Beginn der Seebildung ausgewaschen war.

Als nun der See infolge der relativ kühlen Juli- und Augusttage 1890 vom Gletscher aus weniger Zufluss erhalten hatte, und während dieser Zeit etwas mehr Seewasser absickerte und abfloss, als unter normalen Verhältnissen, scheint endlich nach allen Beschreibungen das ganze Gletscherende förmlich über dem See geschwebt zu haben. Stündlich konnte man daher dem Abbrechen desselben entgegensehen.

Da trat denn wirklich am 7. August 1890 kurz vor Mitternacht bei feuchtem Wetter, ohne dass es zu ausgiebigen Niederschlägen gekommen wäre, die Katastrophe ein, welche trotz alledem für viele Kaunserthaler um so überraschender war, als sie dieselbe noch am ehesten nach einem Schauerwetter oder einem Scirocco erwarteten, wie das bisher bei den meisten Murbrüchen des Kaunserthales der Fall war. Die Muren des Watze-[2]) und Madatschbaches standen ihnen noch in zu frischer Erinnerung.

„Nicht ein Scirocco öffnete," wie A. Schaubach in seinen: „Die Alpen" **2.** p. 57, berichtete, „die Schleusen der Ferner des Kaunserthales"; kein „Schauerwetter" brachte das Wasser des Sees zum Anschwellen und Durchbrechen des Schutzdammes, wie beim Madatschgletscher im Jahre 1874, sondern das einfache Abbrechen des klüftigen Endes vom überhängenden Gallruttferner bewirkte den Ausbruch des Sees.

Ein Eisstück, dessen Rauminhalt ich auf rund 2000 *cbm* berechnete, brach urplötzlich ab und stürzte in den See.

Diese aus einiger Höhe wuchtig niederstürzende Eismasse des „kalbenden" Gletschers erzeugte mit ihrem fast 20000 *kg* betragenden Gewichte durch das instantane Verdrängen des Seewassers eine Flutwelle von solcher Intensität, dass mit einem Rucke der ganze Schuttdamm durchgerissen wurde. Jetzt wälzte sich der dicke Brei von Wasser, Schlamm, Schutt und Felsblöcken, der sich bei seiner weiteren rapiden Thalfahrt noch mit neuem Gesteinsmateriale

---

[1]) Mitteil. d. k. k. geogr. Gesellsch. in Wien 1892. p. 176 u. ff.

[2]) Vergl. G. A Koch: „Geolog Mitteil. a. d. Ötzthalergruppe" a. a. O. p. 256.

und Baumstämmen beladen hatte, als leibhaftige Mure über das steile Gehänge hinab und langte um 12^h 15^m nachts in Nufels an."

Das Kalben in einem Moränensee, bemerkt Prof. Koch, dürfte ziemlich vereinzelt dastehen, während das Kalben in Eisseen bereits vor mehr als 100 Jahren durch Dr. F. v. Zallinger's Mitteilungen angedeutet wird.

Der Muirgletscher in Alaska, nach seinem Entdecker John Muir benannt, ist 1890 vom 1. Juli bis 15. September durch H. F. Reid untersucht worden[1]). Dieser Gletscher umfasst ein Gebiet von 900 *qkm*, endigt in einem Meeresarme und fällt dort 40—65 *m* steil zum Seespiegel ab, auf dem er ruht, da die Tiefe (220 *m*) nicht gross genug ist, um das Gletschereis zum Schwimmen zu bringen. Dieser Gletscher ist ungemein zerklüftet, doch reicht kein Spalt bis zum Seespiegel hinab. Schon Wright, der den Gletscher 1886 besuchte, erkannte, dass derselbe in starkem Rückgange begriffen ist; sein Zusammenschwinden soll in den letzten 4 Jahren volle 900 *m* betragen haben. Früher reichte er offenbar bis zu Willoughby-Island, d. h. 20 *km* weit in den Meeresarm hinaus. Nach Ried soll diese Maximalerstreckung vor 150—200 Jahren eingetreten sein, während der Gletscher früher kleiner war, da ein Wald unter dem Glacialschotter begraben liegt. Reid hat durch Einsetzen von Stangen die tägliche Bewegung des Gletschers ermittelt und fand sie durchschnittlich nahe der Mitte zu 2.2, an den Rändern 0.1 bis 0.2 *m* täglich, also relativ sehr rasch.

Der Einfluss der Vergletscherung auf die Oberflächengestaltung des norddeutschen Flachlandes ist von Dr. Wahnschaffe auf Grund der eigenen und fremder Untersuchungen dargestellt worden[2]). Es ist als nachgewiesen zu betrachten, dass von den skandinavischen Gebirgen her sich eine Eismasse von Hunderten von Metern Mächtigkeit bis an den Fuss der deutschen Mittelgebirge und der Südebene erstreckte, und zwar ist mindestens ein zweimaliger Vorstoss dieses Inlandeises anzunehmen. Das vorstehende feste Gestein wurde dabei geschrammt und geschliffen, der weichere Untergrund dagegen zerdrückt, emporgeschoben und in die Grundmoräne hineingepresst. Die Ablagerungen aus der Glacialzeit sind sämtlich Grundmoränen oder erst durch Gletscherschmelzwasser aus denselben hervorgegangen, so die fluvio-glacialen Bildungen. G. Berendt hat zuerst die Beziehungen aufgeklärt, welche die grossen von Ost nach West gerichteten Hauptthäler zu der Inlandeisbedeckung des norddeutschen Flachlandes besitzen. Nach ihm bildeten diese alten Thäler, deren Richtung nur noch zum Teile mit dem gegenwärtigen Laufe der Flüsse übereinstimmt, die grossen Sammelrinnen für die Schmelzwasser beim Rückgange der Eisdecke. Die Urströme flossen

---

[1]) Nat. Geogr. Mag. **4.** p. 19—84. Washington 1892.

[2]) Forschungen zur deutschen Landes- und Volkskunde. **6.** Heft 1. Stuttgart 1891.

längs des Eisrandes und verlegten ihre Betten nach und nach beim Zurückschmelzen desselben nach Norden. Dadurch, dass die südlichen Hauptströme unter Benutzung der vom Eisrande ausgehenden nordsüdlichen Schmelzwasserrinnen nach dem nördlich gelegenen Parallelthale durchbrachen, erhielten die zwischen den grossen Thälern liegenden Diluvialhochflächen eine weitere Gliederung und wurden zum Teile in grössere oder kleinere inselartige Gebiete zerstückelt. Für den Verlauf der Diluvialthäler hat Berendt folgende Bezeichnungen eingeführt: das alte Elbthal, das Glogau-Baruther, das Warschau-Berliner und das Thorn-Eberswalder Thal. Die vier Urströme vereinigten sich nördlich von Magdeburg zu einem einzigen Strome und sandten ihre Wasser durch das untere Elbthal zur Nordsee. Nach dem Rückzuge des Inlandeises wurden die grossen Thäler mehr und mehr trocken gelegt, und es entstanden die ausgedehnten Ebenen des Thalsandes. Er bildet beispielsweise im grösseren Teile der Stadt Berlin den unmittelbaren Untergrund. In den tiefer gelegenen Teilen der Thäler versumpften die Wasserzüge und gaben Veranlassung zur Bildung von Moor- und Torfablagerungen und sonstigen alluvialen Absätzen.

Als das Inlandeis aus dem norddeutschen Flachlande verschwunden war, hat die Weichsel, ebenso wie die Oder südlich von Frankfurt, bei hohem Wasserstande, wahrscheinlich einer alten Schmelzwasserrinne folgend, nach und nach einen Durchbruch nach Norden hin versucht, wodurch allmählich ihr altes Bett zwischen Brahe und Netze zum toten Thale wurde und zum Teile durch Aufschüttungen der Netze versandete, bis sich schliesslich die Weichsel so tief eingeschnitten hatte, dass sie ihr altes Bett nach Westen zu gar nicht mehr benutzte, sondern nun in dem mehr und mehr erweiterten Durchbruchsthale von Fordon aus nach NNO zu ihren Abfluss fand.

Die Entstehung der in die oft völlig ebene Platte des oberen Geschiebemergels eingesenkten, mehr oder weniger kreisrunden oder länglichen Pfuhle oder Sölle ist in früherer Zeit auf die verschiedenste Weise erklärt worden. Silberschlag, der sie gegen Ende des vorigen Jahrhunderts in der Uckermark zuerst beobachtete, hielt sie sogar für Krater, aus denen die dort reichlich an der Oberfläche vorkommenden Feldsteine herausgeschleudert sein sollten. Später wurden sie von anderen als Senkungsbecken aufgefasst, die ähnlich wie die Gipsschlotten und Karsttrichter dadurch entstanden sein sollten, dass sich durch Auflösung des im Untergrunde anstehenden Gesteines Höhlungen bildeten, in welche die Deckschichten hineinbrachen. Nachdem durch die Tiefbohrungen die letztere Annahme sich als völlig unhaltbar herausgestellt hatte, kamen Berendt und E. Geinitz unter Zugrundelegung der Inlandeistheorie gleichzeitig auf den Gedanken, dass die auf der Oberfläche des Eises sich bildenden und in Spalten herabstürzenden Schmelzwasser auf die Grundmoräne eine ausstrudelnde Wirkung ausüben mussten, so dass demnach die Pfuhle

als Riesenkessel (Gletschertöpfe) in sehr grossem Massstabe anzusehen wären. Während eine Anzahl dieser Kessel, namentlich diejenigen südlich von Berlin in deutlichen Rinnenzügen angeordnet ist, liegen andere, oft völlig vereinzelt in der ebenen Geschiebemergelfläche, so dass man diese tiefen, teils mit Wasser, teils mit Torf erfüllten Einsenkungen erst bemerkt, wenn man sich unmittelbar am Rande derselben befindet."

Eine eigentümliche Bildung sind gewisse aus Sand, Grand, Geröllen und Geschieben zusammengesetzte Hügelzüge, deren Entstehung noch nicht völlig aufgeklärt ist. Geinitz, welcher analoge Bildungen zuerst aus Mecklenburg, sowie Berendt, der sie aus der Gegend von Pasewalk in der Uckermark beschrieb, bezeichneten sie als Asar, während Schröder in seiner Arbeit über Durchragungszüge und -zonen in der Uckermark und in Ostpreussen sie zu den am Rande des Eises durch Stauung und Aufpressung hervorgerufenen Endmoränen gerechnet hat.

Sieht man von den älteren Ansichten über die Entstehung der Asar ab, so werden gegenwärtig von den Geologen, die sich näher mit diesen eigentümlichen, parallel mit der Richtung der Glacialschrammen verlaufenden Grand- und Geröllrücken beschäftigt haben, im wesentlichen zwei Theorien vertreten, die auf die beiden schwedischen Geologen Holst und Strandmark zurückzuführen sind. Beide kommen darauf hinaus, die Schmelzwasser des Inlandeises für den Transport und die Ablagerung der Grand- und Sandmassen in Anspruch zu nehmen. Der Gegensatz besteht darin, dass nach Holst die Asar in offenen Rinnen auf oder in dem Inlandeise, nach Strandmark in geschlossenen Kanälen unter dem Inlandeise gebildet sein sollen. In den breiten Niederungen der diluvialen Hauptströme gaben die meist feinkörnigen Thalsande nach ihrer Trockenlegung vielfach Veranlassung zur Entstehung von Dünenzügen, und dasselbe ist auch der Fall gewesen, wo auf Diluvialflächen feinkörnige Sande den Angriffen des Windes preisgegeben waren. Diese Binnendünen bilden sich in gleicher Weise wie die Stranddünen senkrecht zu der herrschenden Windrichtung und sind überall, wo sie nicht mit Vegetation bedeckt sind, immerwährenden Veränderungen unterworfen[1]).

Die Grundmoräne des nordischen Binneneises bei Dresden[2]). Dr. R. Beck führt neue Thatsachen an, welche beweisen, dass das nordische Binneneis der Diluvialzeit wirklich seinen Südrand bis über das heutige Dresden hinaus vorgeschoben haben muss und mindestens bis zu 200 *m* Höhe am linken Elbthalgehänge emporgestiegen ist. Dr. B. Doss bestätigt durch eigene Wahrnehmungen diesen Schluss[3]) und beschreibt ein Vorkommen von durch Gletschereis geglättetem, abgehobeltem Syenite bei Dresden.

---

[1]) Naturwissenschaftliche Wochenschrift 1892. Nr. 30.
[2]) Sitzungsber. und Abhdlgn. der „Isis" 1891. p. 15.
[3]) a. a. O. p. 114.

Das Glacialgebiet Nordamerikas wird auf Grund eigener Anschauung von F. Wahnschaffe besprochen [1]) und mit den entsprechenden norddeutschen Glacialbildungen, die der Verf. sehr genau kennt, verglichen. Unter „Endmoränen“ verstehen die nordamerikanischen Geologen ungefähr das, was in Norddeutschland als Grundmoränenlandschaft nebst dem südlich anliegenden Geschiebewalle bezeichnet wird. Gewisse Formen der Endmoränenlandschaft fehlen indessen in Norddeutschland, so die zwischen den Endmoränen liegenden, mit unzähligen Einsenkungen versehenen ebenen Flächen (pitted plains) und die langgestreckten in der Richtung der Längsachse parallel geschrammten Geschiebemergelkuppen (drumlins).

13. Die Lufthülle im allgemeinen.

Die Masse der Atmosphäre wird in populären Darstellungen gewöhnlich gleich der Masse einer Quecksilbersäule von gleicher Grundfläche und 760 *mm* Höhe gesetzt. Dies ist jedoch nur näherungsweise richtig, eine völlig genaue Bestimmung aber nicht ausführbar infolge der Abnahme der Schwere in grossen Höhen. Mascart hat nun eine Formel für die Abnahme der Dichte mit der Höhe aufgestellt, welche den Beobachtungen Genüge leistet und für die gesamte Masse der Luft einen endlichen Wert ergiebt [2]). Nach dieser Formel würde sich die Masse der Luft etwa $^1/_6$ grösser ergeben als nach der oben erwähnten einfachen Annahme.

Die Grenzen der Atmosphäre. Ling hat hierüber einige interessante Bemerkungen in der Deutschen Meteorologischen Gesellschaft zu München gemacht [3]). Indem die Erde ruhelos ihren Ort wechselt und dabei sich um ihre Pole dreht, muss deren Atmosphäre eine Begrenzung haben, welche die gesamte Materie umschliesst, die der Erde in ihren beiden Bewegungen stetig folgt; jenseits dieses Randes herrscht der Zustand des freien Weltraumes, und mit diesem muss die Beschaffenheit jener Grenze identisch sein. Der letztere ist der vorherrschenden Annahme gemäss mit dem stoff- und gewichtslosen Äther erfüllt, und dieser wie auch die Oberfläche der Atmosphäre, kann sohin weder eine Dichte, noch eine Temperatur besitzen; diese Zustände beginnen erst mit dem Auftreten der Materie. Um jedoch mit irgend einem Masse der Dichte rechnen zu können, kann man sich vorstellen, über einem gewissen Niveau der äussersten Region der Atmosphäre befinde sich gleichmässig über deren ganze Flächenerstreckung noch ein Rest Luft ausgebreitet, welcher unter dem Drucke der ganzen Atmosphäre am Meeresniveau und bei der Temperatur des Gefrierpunktes ein halbes Milligramm wiege; diese

[1]) Zeitschrift der deutschen geolog. Gesellsch. 1892. p. 107.
[2]) Compt. rend. 1892. **114.** p. 93.
[3]) Gaea 1892. p. 107.

geringe Menge würde auf jenes Niveau einen Druck ausüben, der zu dem ganzen Atmosphärendrucke in dem Verhältnisse steht, wie ein Zehntel Millimeter zu 1 Trillion Kilometer, und in diesem Niveau würde die Atmosphäre eine 10^{25}-fache Verdünnung besitzen. Dieses Niveau ist dem der Grenze der Atmosphäre ganz nahe zu erachten. Bei der Verlangsamung, welche die Abnahme der Temperatur mit der Höhe infolge der Zunahme der Temperaturleitungsfähigkeit der Luft mit der Abnahme ihrer Dichte erfährt, ist man darauf hingewiesen, anzunehmen, dass die Wärmeausstrahlung in den freien Weltraum erst in einer verhältnismässig sehr geringen Oberflächenschicht der Lufthülle vor sich geht, bis zu deren Sohle demnach noch jene mässig niederen Temperaturen herrschen, welche der besagte Ausgleich bedingt. Man kann darum als mittlere Temperatur der ganzen Luftsäule bis an das Niveau der bezeichneten Verdünnung rund —75° C. annehmen. Für den Parallelkreis von 45° Breite ergäbe sich dann eine Höhenlage desselben zu 333 *km*, für eine mittlere Temperatur von —100° nur 305 und für eine solche zu —60° schon 360 *km*. Nun haben aber die Beobachtungen des Aufleuchtens der Sternschnuppen erwiesen, dass solches schon in Höhen von rund 750 *km* eintritt, wobei natürlich über diesen noch jene äussere Region der Atmosphäre liegt, welche diese kleinen Körperchen durchdringen müssen, damit die von ihnen vor sich her geschobene Quantität Luft bis zu einer Erhitzung derselben komprimiert wird, die schliesslich die Bahn des Meteors in leuchtendem Zustande erscheinen lässt. Auch die Messungen der Höhen der Polarlichterscheinungen berechtigen zu dem Schlusse, dass die äussersten Spitzen derselben bis in Höhen selbst über 750 *km* emporschiessen, während diese Erscheinungen unzweifelhaft als Träger derselben ein gasförmiges Substrat bedingen. Fragt man nach der mittleren Temperatur, welche die Luftsäule bis in jene Höhen haben müsste, damit für dieselbe die 10^{25}-fache Verdünnung anzunehmen wäre, so findet man —125° C.; eine Atmosphäre von der Zusammensetzung, wie sie an der Erdoberfläche besteht, kann sohin nicht in jene Höhen reichen. Es erübrigt darum nur, anzunehmen, dass dieselbe noch einen Anteil von Wasserstoff in sich enthält, welcher, da mehr als vierzehnmal leichter als Luft, die Lufthülle noch beträchtlich überragen müsste. Indem der Druck dieser Wasserstoffsäule im Meeresniveau höchstens $^1/_{20}$ *mm* Quecksilber betragen kann, so würde eine Dichte derselben, welche jener Verdünnung der Luft gleichkommt, für deren Niveau ein Abstand von 333 *km* gefunden wurde, bei einer mittleren Temperatur von —100° erst in einer Höhe von rund 7500 *km* herrschen oder bei einer mittleren Temperatur von —137° schon in 5000 *km*. Man ersieht hieraus, dass einerseits die Annahme der Beteiligung des Wasserstoffes in dem bezeichneten Verhältnisse von 1 : 15.200 der Lufthülle genügt, um die höchsten Lichterscheinungen zu erklären, und anderseits, dass selbst die obersten Wasserstoffregionen noch weit entfernt von jenem Niveau

bleiben, in welchem die Zentrifugalkraft der Schwere gleichkommt, und über welche die Atmosphäre in keinem Falle sich ausdehnen könnte. Diese äusserste Niveaufläche zieht in 45° Breite 24.764 *km* über dem Meeresspiegel, am Äquator dagegen in 35.758 und über den Polen in nur 21.734 *km*, während das Niveausphäroid, dass in 45° Breite 333 *km* über dem Meere liegt, sich am Äquator 347 und an den Polen 318 *km* darüber erhebt; in diesem letzteren ist in 45° Breite die absolute Anziehung noch 474 mal so gross als die Fliehkraft — eine Verhältniszahl, die in 750 *km* Höhe auf 376 und in 1000 *km* auf 310 abnimmt. Wenn es auch unzulässig ist, die besprochene Verdünnung der Atmosphäre als deren Grenze aufzufassen, so kann immerhin die Atmosphäre unterhalb der dieser Verdünnung zukommenden Höhenlage aufhören, eine ununterbrochene, geschlossene Oberfläche darzustellen, indem dieselbe, wahrscheinlich zeitlich wie örtlich schwankend, wohl eine ziemlich unregelmässig sich verlierende sein wird, ähnlich derjenigen des Wasserdampfgehaltes der Atmosphäre. Hinsichtlich des Bewegungszustandes, welcher in den obersten Regionen derselben herrschen mag, ist wohl anzunehmen, dass für uns Bewohner am Grunde des Luftmeeres eine scheinbare Strömung dadurch sich ergeben würde, dass die Luftmassen mit Zunahme der Höhe und Abnahme der Dichte immer mehr zögern werden, der Rotationsgeschwindigkeit des Erdkörpers zu folgen und darum gegen dessen Oberflächenpunkte zurückbleiben werden.

Der Kohlensäuregehalt der Luft ist von A. Petermann und J. Graftiau bestimmt worden [1]). Dieselben haben während zweier Jahre täglich 6 Stunden lang auf einem freien Platze ausserhalb des Ortes Gembloux Luftproben genommen und untersucht. Als Mittel aus allen Versuchen mit Ausnahme einiger, bei welchen die Luft nicht im Freien, sondern im Inneren der Stadt gesammelt wurde, ergab sich der Gehalt von 10000 *l* Luft, bezogen auf 0° und 760 *mm* zu 2.9441. Diese Zahl weicht nur sehr wenig von den von Schulze (Rostock), Reiset (Dieppe), Muntz und Aubin (Ebene von Vincennes) und Marié-Davy-Levy (Montsouri) erhaltenen Mittelzahlen (2.84—2.96) ab. Bei den im Inneren der Stadt entnommenen Luftproben war der CO_2-Gehalt weit grösser, nämlich 3.70 im Mittel. Von den Beobachtungen an der im Freien gesammelten Luft zeigten 93 % Abweichungen bis zu 10 % vom Mittel. Die Windrichtung war ohne Einfluss auf die Menge der CO_2, namentlich war zwischen Landwinden und Seewinden kein Unterschied zu erkennen. Auch der Regen, der Feuchtigkeitsgehalt der Luft, die gewöhnlichen Schwankungen von Temperatur und Luftdruck und der Wechsel der Jahreszeiten sind ohne Einfluss auf die Menge von CO_2. Dagegen bewirken aussergewöhnliche barometrische Depressionen eine Erhöhung der Menge der CO_2, wahrscheinlich indem sie die Ent-

[1]) Mem. de l'Acad. royale de Belgique **47.** September 1892.

wickelung derselben aus dem Erdboden begünstigten. Noch mehr wird der CO_2-Gehalt erhöht, wenn die aussergewöhnlichen barometrischen Depressionen von starken Seewinden begleitet sind, welche die CO_2, die durch eine bei vermindertem Luftdrucke stärkere Dissociation des im Meerwasser gelösten Calciumdicarbonates entwickelt wird, auf den Kontinent überführen. Während der Regen ohne Einfluss auf die Menge der CO_2 ist, vermehrten Nebel und Schnee dieselbe, wohl weil die in der Luft suspendierten Schichten flüssigen oder festen Wassers die Diffusion der CO_2 aus den unteren Schichten der Atmosphäre in die oberen verhindern. Wahrscheinlich auf dieselbe Weise wirkte eine sehr starke Temperaturerniedrigung (—5 bis —10°), welche gleichfalls die CO_2 vermehrt, während sehr hohe Temperatur (+ 25. + 30°) sie etwas vermindert.

Dr. H. Puchner hat ebenfalls Untersuchungen über den Kohlensäuregehalt der Luft angestellt[1]). Die Versuche wurden in München teils in einer Höhe von 55 *m* (Turm der Peterskirche), teils 5 *m* über dem Strassenpflaster am Fusse des Turmes angestellt. Andere Versuche wurden im agrikultur-physikalischen Laboratorium (Vorstadt), auf dem landwirtschaftlichen Versuchsfelde der technischen Hochschule ausserhalb der Stadt, an der Isar, und endlich im Parke zu Nymphenburg unternommen.

In der Stadt ergab sich die Luft im Winter kohlensäurereicher als im Sommer. Tag und Nacht zeigten keinen ausgesprochenen Gegensatz. Im Winter wurde in der Höhe von 55 *m* weniger, im Sommer mehr als unten gefunden. Die bezüglichen Mittelwerte sind:

Kalte Jahreszeit						Warme Jahreszeit					
55 *m*			5 *m*			55 *m*			5 *m*		
Tag	Nacht	Mittel	Tag	Nacht	Mittel	Tag	Nacht	Mittel	Tag	Nacht	Mittel
5.941	4.962	5.451	4.828	4.702	4.765	2.885	3.182	3.033	3.424	3.236	3.330

Sehr zahlreiche Versuche wurden im agrikultur-physikalischen Laboratorium angestellt. Aus ihnen ergiebt sich ein deutlich ausgesprochener jährlicher Gang des Kohlensäuregehaltes der Luft.

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
1891. 1 *cm* über dem Boden													
Tag	5.194	4.181	3.892	4.563	3.485	3.375	3.970	3.079	3.969	3.996	4.058	4.043	3.984
Nacht	5.199	4.372	6.346	4.091	5.009	3.242	3.008	3.123	3.853	4.419	4.683	5.774	4.427
2 *m* über dem Boden													
Tag	4.877	4.196	3.724	4.098	2.958	3.602	3.329	2.998	3.483	3.368	3.919	3.928	3.707
Nacht	5.050	4.258	4.162	3.780	3.182	3.739	3.146	3.110	3.548	3.663	3.794	3.724	3.763
10 *m* über dem Boden													
Tag	5.353	4.364	3.685	4.028	3.307	3.487	2.900	2.998	3.396	3.542	4.568	4.860	3.874
Nacht	5.063	4.402	3.780	3.962	3.745	3.585	2.909	3.518	3.981	3.870	4.493	4.569	3.990

[1]) Wollny, Forschungen auf dem Gebiete der Agrigulturphysik **15.** Heft 2/3.

Übereinstimmend zeigt sich in allen drei Höhenschichten ein geringerer Kohlensäuregehalt der Luft im Sommer als im Winter. Ebenso ist derselbe bei Nacht grösser als am Tage.

Im allgemeinen ergab sich eine grosse Veränderlichkeit des Kohlensäuregehaltes. Eigentümlicherweise zeigten die entsprechenden Monate im Jahre 1891 durchaus kleinere Werte als im Jahre 1890. Es hängt dies wohl damit zusammen, dass das Jahr 1890 in der warmen Zeit wärmer und feuchter als 1891 war, wodurch sich die organischen Zersetzungen intensiver gestalteten.

Es wurde gefunden:

		1890				1891			
		Juni	Juli	Aug.	Sept.	Juni	Juli	Aug.	Sept.
Vorstadtluft	Tag	4.336	4.237	4.059	4.353	3.602	3.329	2.998	3.483
	Nacht	—	4.463	3.900	4.208	3.739	3.146	3.110	3 548
Freilandluft	Tag	4.707	3.928	4.675	5.121	2.774	2.143	1.910	2.109
	Nacht	—	5.435	4.505	4.560	2.851	2.654	2.631	2.168
Waldluft	Tag	4.544	4.311	7.650	5.821	3.675	3.947	4.595	2.791
	Nacht	—	7.333	6.850	4.408	3.745	4.896	4.029	2.613

Der Unterschied zwischen beiden Jahren ist ein sehr beträchtlicher.

Interessant ist auch eine Vergleichung gleichzeitiger Messungen im Freilande, im Walde und in der Vorstadt.

Das Verhältnis der Freilandluft zur Vorstadtluft ergab sich am Tage 3.680 : 4.059, bei Nacht 3.608 : 3.968, Mittel 3.644 : 4.013;

das Verhältnis von Waldluft zu Freilandluft ergab sich am Tage 4.317 : 3.635, bei Nacht 4.391 : 3.498, Mittel 4.381 : 3.567.

In 88 % aller Fälle lag der Kohlensäuregehalt zwischen 2.0 und 5.5 Volumteilen, das Mittel aus allen Versuchen war 3.67 Volumteile auf 10 000 Volumteile Luft[1]).

14. Temperatur.

Untersuchungen über die Maxima und Minima der jährlichen Temperaturkurve hat G. Schwalbe angestellt[2]). Zunächst berechnete er für 52 Stationen, für welche hinreichend lange Beobachtungsreihen vorlagen, und die sich über den ganzen Kontinent von Eurasien zwischen den Breiten von Portugal bis zum

---

[1]) Meteorologische Zeitschrift 1892. p. 436.
[2]) Naturw. Rundsch. 1892. Nr. 16. p. 202.

Polarkreise verteilen, die mittleren Eintrittsdaten des kältesten und des wärmsten Tages. Hierbei zeigte sich für den Eintritt des kältesten Tages eine grosse Mannigfaltigkeit (die Extreme fielen auf den 22. Dezember und 13. Februar); es liess sich jedoch unschwer eine gewisse Gesetzmässigkeit erkennen, indem im allgemeinen dieses Datum um so später eintritt, je höher die Breite des Ortes, und anderseits um so früher, je mehr kontinental die Lage ist. Dies ist leicht verständlich, da in hohen Breiten der kälteste Tag erst am Ende der Polarnacht, also sehr spät eintreten wird, und anderseits über Landmassen die Luft sich schneller abkühlt, als über Wasser, der kälteste Tag daher auf dem Kontinente früher eintrifft als an den Küsten. Luftdruckverhältnisse und das Zufrieren der Wassermassen können freilich besondere Umstände herbeiführen, welche eine Ausnahme von diesen allgemeinen Regeln bedingen.

Das Datum des wärmsten Tages variierte an den Stationen zwischen dem 1. Juli und 23. August. Für dasselbe ist in erster Reihe die Verteilung von Land und Wasser massgebend. In kontinentalen Gebieten nähert sich das Eintrittsdatum des wärmsten Tages dem Zeitpunkte der stärksten Sonnenstrahlung, während Meeresklima eine Verspätung des Datums veranlasst. Von sehr wesentlichem Einflusse auf das Datum des wärmsten Tages ist aber ferner die Epoche der reichlichen Sommerregen, welche in verschiedenen Breiten zu verschiedenen Zeiten eintreten. In Gegenden mit frühen Sommerregen muss der wärmste Tag sich verspäten, und bei späten Sommerregen wird er früher eintreten.

Mit den so gewonnenen langjährigen Mitteln der Temperaturextreme verglich Schwalbe die wirklichen Eintrittszeiten der wärmsten und kältesten Tage in den einzelnen Jahren für 6 Stationen und fand, dass für dieselben die Eintrittszeit des kältesten Tages einen Spielraum von über 143 Tagen und die des wärmsten Tages einen solchen von 127 Tagen umfasst. Während z. B. für München das Mittel des Datums des kältesten Tages auf den 6. Januar fällt, schwankt der kälteste Tag in den einzelnen Jahren zwischen dem 7. November (im Jahre 1790) und dem 24. März (1837). Die Daten der Maxima und Minima der mittleren Temperaturkurve sind aber in den Einzeljahren auch nicht einmal besonders häufig die Träger der Extreme: vielmehr sind manche andere Tage weit häufiger durch sehr niedrige, bezw. sehr hohe Temperaturen ausgezeichnet, als der im Mittel kälteste, resp. wärmste Tag. Beim genaueren Verfolgen dieser Erscheinung ergab sich jedoch, dass, wenn man die Häufigkeit des Eintrittes der Extreme an den einzelnen Tagen der verschiedenen Jahre graphisch darstellt, diese Kurve mit der mittleren Temperaturkurve einen gewissen Zusammenhang aufweist; die Erniedrigungen und die Erhöhungen dieser Kurve entsprechen im allgemeinen einem Ansteigen der Häufigkeitskurve, aber die primären Maxima und Minima beider Kurven erscheinen gegen einander durchaus verschoben. Das Ergebnis der Schwalbe'schen Untersuchung

stimmt mit der Erfahrung, dass die Kälterückfälle des Mai nicht an das bestimmte Datum (10. bis 13.) gebunden sind.

Die Wärmestrahlung der atmosphärischen Luft ist von Dr. Wilhelm Trabert studiert worden[1]). Im Gegensatze zu den festen und flüssigen Körpern, bei denen die Strahlung lediglich auf die Oberflächenschicht beschränkt ist, haben wir bei den Gasen jeden einzelnen Punkt längs des ganzen Volums als strahlend anzusehen; und es steht deshalb zu erwarten, dass auch das Strahlungsgesetz für die gasförmigen Körper sehr verschieden von dem für die festen und flüssigen Körper sein werde. Auf Experimentaluntersuchungen hierüber im Kabinette werden wir nun wohl von vornherein zu verzichten haben, da wir eben hier stets das Gas in einem Gefässe einzuschliessen hätten, und dadurch dem Versuche ein prinzipielles Hindernis im Wege steht. Dagegen ist die Meteorologie, als Wissenschaft von den Vorgängen und Gesetzen unserer Atmosphäre, nicht bloss berufen, sondern, da ihr ein reiches Beobachtungsmaterial über grosse, freistrahlende Luftmassen zur Verfügung steht, auch wohl befähigt, uns nähere Aufschlüsse über das Strahlungsgesetz der Gase zu geben.

Da der mittlere Gang der Temperatur in den Nachtstunden lediglich durch die Strahlung der Luft bedingt ist, so ist uns hier die Möglichkeit gegeben, die Strahlung der Luft unter ganz verschiedenen Verhältnissen zu beobachten und so Schlüsse über ihren Zusammenhang mit anderen Naturerscheinungen zu ziehen.

Maurer hat es zuerst unternommen[2]), den Temperaturgang bei Nacht als Folge der Ausstrahlung theoretisch zu behandeln. Ersetzt man alle dem betrachteten Luftquantum zustrahlenden Körper durch eine ideale Fläche von der Temperatur T_0 mit der gleichen Strahlung, dann kann man in erster Annäherung die von der Luft (Temperatur T) ausgestrahlte Wärmemenge der Differenz der Temperaturen T und T_0 einfach proportional setzen, und aus dieser Gleichung für die in der Zeit d t ausgestrahlte Wärme:

$$d\,Q = -\sigma\,(T - T_0)\,dt$$

gelangt Maurer zu der alten Lambert'schen Formel:

$$T = T_0 + A\,b^t,$$

durch welche sich ja auch der nächtliche Temperaturgang befriedigend darstellen lässt.

Stellt dQ die Wärme vor, welche 1 *kg* Luft abgiebt, so ist die Bedeutung von b gegeben durch die Gleichung:

$$\log b = -\log e\,\frac{\sigma}{c},$$

worin e die Basis der natürlichen Logarithmen und c die spezifische Wärme der Luft darstellen.

---

1) Meteorol. Zeitschr. 1892. p. 41.
2) Meteorol. Beobachtungen in der Schweiz **22.** Nr. 5.

Der Wert von log b hängt somit von dem Strahlungskoeffizienten σ ab, d. h. von der Wärmemenge, welche 1 *kg* Luft gegen eine Hülle von einer um 1° C. niedrigeren Temperatur in der Zeiteinheit durch Strahlung abgiebt. Ist nun in Wirklichkeit die Strahlung der Gase nicht der absoluten Temperatur einfach proportional, sondern eine kompliziertere Funktion der Temperatur, so wäre allgemein σ und somit auch log b eine Funktion von T.

Weilenmann[1]) hat nun bereits log b für acht verschiedene Orte berechnet und für alle einen fast identischen Wert erhalten. In einer der Kaiserl. Akademie der Wissenschaften in Wien überreichten Abhandlung über den täglichen Gang der Temperatur auf dem Sonnblick[2]) hat Dr. Trabert auch für diese Station den Wert von log b berechnet und denselben übereinstimmend mit den Weilenmann'schen gefunden. Wir haben somit Gipfelstationen neben Stationen der Niederung, Stationen des hohen Nordens und im Inneren des Kontinents neben solchen der Tropen und am Meeresufer; trotz dieser gänzlich verschiedenen meteorologischen Verhältnisse weichen die einzelnen Beträge von log b nur innerhalb der Fehlergrenzen von einander ab. Immerhin ist aber doch die Zahl der Stationen noch zu gering, um weitergehende Schlüsse daraus zu ziehen.

Trabert hat deshalb für eine grössere Anzahl von Orten aus dem täglichen Gange der Temperatur im Jahresmittel log b berechnet, um hierdurch womöglich zu entscheiden, ob die einzelnen Werte eine Abhängigkeit von der Temperatur zeigen oder nicht. Zu diesem Zwecke verwendete er alle Stationen, von denen Wild in seinen Temperaturverhältnissen des russischen Reiches nach stündlichen Beobachtungen den täglichen Gang giebt. Alle Stationen in einer Breite höher als 60° wurden weggelassen, nur Helsingfors in 60° 10′ wurde noch mitgenommen. Dazu kamen weitere 6 Stationen, von denen Dove in seinen beiden Abhandlungen über den täglichen Temperaturgang die Beobachtungen mitgeteilt hat, und ausserdem wurden noch die Werte von log b für München (Lamont), Krakau (Karlinski), Kremsmünster (Strasser), Wien-Stadt (Hann), Paris (Angot) und dann für Sonnblick, Säntis, Obir und Kolm-Saigurn hinzugefügt.

Es ergaben sich so nach Ausscheidung von Nowo-Archangelsk (Sitka), welches einen ganz abnormen Wert zeigt, 42 Stationen, welche in einer mitgeteilten Tabelle enthalten sind.

Ausser dem Werte von log b wurde noch in einer dritten Kolumne unter A′ die Abweichung der Temperatur T_0 (der idealen Hülle, gegen welche die Strahlung vor sich gehend gedacht wird) von der mittleren Lufttemperatur und in der letzten Kolumne die Temperatur T_0 selbst (in ° C.) angegeben.

---

[1]) Meteorol. Beobachtungen in der Schweiz **9.** p. 24.
[2]) Akadem. Anz. 1891. Nr. 20. p. 210.

„Fasst man die einzelnen Werte in Gruppen von je 7 Stationen zusammen, so ergiebt sich:

	Temperatur	log b	A′	T_0
I. Gruppe:	—1.0° C.	= —0.063	= —3.2°	= —4.2° C.
II. „	4.1°	66	—3.4°	0.7°
III. „	7.5°	76	—2.8°	4.7°
IV. „	9.5°	72	—3.2°	6.3°
V. „	11.9°	56	—4.9°	7.0°
VI. „	22.4°	60	—2.8°	19.6°

Im Mittel ist log b = —0.066 und A′ = —3.4° C.

Von einer regelmässigen Ab- oder Zunahme mit der Temperatur zeigt sich somit keine Spur. Obwohl die Temperaturdifferenz der ersten und der letzten Gruppe über 23° C. beträgt, haben beide Gruppen fast denselben Wert von log b. Wir werden daraus schliessen dürfen, dass log b von der Temperatur unabhängig sei.

Wir kommen somit zu dem Resultate, dass für atmosphärische Luft — und wohl allgemein für Gase — die Strahlung der Masseneinheit der absoluten Temperatur einfach proportional sei. Wir haben also nicht bloss in erster Näherung, sondern als Ausdruck des thatsächlich geltenden Gesetzes die Formel:

$$d\,Q = -\,\sigma\,(T - T_0)\,d\,t,$$

worin σ eine Konstante vorstellt.

Es ist dies die Strahlung gegen eine das betrachtete Luftquantum allseits umgebende Hülle von der Temperatur T_0. Der Strahlungskoeffizient für Luft würde nach dem obigen Mittelwerte von log b gleich sein:

$$\sigma = -0\,547 \log b = 0.036 \text{ Kalorien};$$

d. h. die Masseneinheit Luft strahlt in der Stunde 0.036 Kalorien aus gegen eine Fläche von einer um 1° C. niedrigeren Temperatur.

Wenn nun auch die Grösse σ keine Abhängigkeit von der Temperatur erkennen lässt, so sind doch die Abweichungen der einzelnen Gruppen von einander keineswegs unbeträchtliche, und es erscheint besonders auffallend, dass gerade die III. und IV. Gruppe, in welchen Stationen von West- und Nordwesteuropa überwiegen, so grosse Werte von log b zeigen. Es legte dies den Gedanken nahe, die Stationen nach dem Klimagebiete, dem sie angehören, anzuordnen, und hier liess sich in der That eine gewisse Abhängigkeit erkennen.

Es ist für

West- und Nordwesteuropa (8 Stationen)	log b = —0.080,
Mitteleuropa (13 Stationen)	—0.067,
Europ. Russland und Westsibirien (8 Stat.)	—0.060,
Ostasien und Monsungebiet (6 Stationen)	—0.052.

Je weiter man sich nach Osten begiebt, je mehr die Stationen unter dem Einflusse des asiatischen Kontinents stehen, um so kleiner wird log b. Auf die Ursache dieser Erscheinung soll hier noch nicht eingegangen werden, da sie sich, gegenwärtig wenigstens, nicht einwurfsrei feststellen lässt.

Es scheint nicht ohne Interesse, auch die vier Gipfelstationen der obigen Reihe zu einem Mittelwerte zu vereinigen. Es ergiebt sich hierbei das Mittel aus Sonnblick, Säntis, St. Bernhardt und Obir zu **0.065**, also fast gleich mit dem Gesamtmittel.

Es geht daraus wohl klar hervor, dass die Strahlung der Masseneinheit auch von der Dichte der Luft unabhängig ist.

Auch das Verhalten von T_0 ist interessant. T_0 ist die Temperatur jener idealen Hülle, durch welche man sich die Strahlung aller umgebenden Körper ersetzt denken kann. Da hierbei in erster Linie die Strahlung der gesamten Atmosphäre in Betracht kommt, so ist es von Wichtigkeit, in welcher Beziehung diese Temperatur T_0 zu der mittleren Temperatur T_m des betreffenden Ortes, beziehungsweise der betrachteten Gruppe steht.

Eine graphische Darstellung der obigen 6 Gruppenwerte lässt nun sehr deutlich erkennen, dass T_0 linear von der Temperatur T_m abhängt, und mittels der Methode der kleinsten Quadrate findet man für diese lineare Beziehung:

$$t_0 = -3.4^0 + 1.003\ t_m,$$

wenn t_0 und t_m die Werte von T_0 und T_m in Celsiusgraden darstellen.

Die aus dieser Formel berechneten Temperaturen T_0 stimmen in der That mit den oben mitgeteilten, aus den Beobachtungen ermittelten, sehr gut überein. Die folgende Tabelle zeigt, dass die Differenzen zwischen den berechneten und beobachteten Werten keinerlei systematischen Gang zeigen.

Man erhält für T_0:

	berechnet	beobachtet	Differenz
I. Gruppe:	268.6°	268.8°	−0.2
II. „	273.7°	273.7°	0.0
III. „	277.1°	277.7°	−0.6
IV. „	279.1°	279 3°	−0.2
V. „	281.5°	280.0°	+1.5
VI. „	292.1°	292.6°	−0.5

Die gesamte Wärmemenge, welche einem Kilogramm in der Zeiteinheit durch Strahlung zugeht, ist $\sigma\ T_0$; für diese Wärmemenge haben wir das einfache Gesetz:

$$\sigma\ T_0 = -0.1224 + 0.036\ T_m \text{ Kalorien.}$$

d. h. die Wärme, welche der Masseneinheit Luft an irgend einem

[1]) Von der Sonnenstrahlung natürlich abgesehen.

Orte durch Strahlung[1]) zugeführt wird, ist der mittleren Temperatur dieses Ortes proportional.

Es gilt dieses Gesetz natürlich nur für die Mittelwerte. Abweichungen davon, wie sie einzelne Stationen aufweisen werden, sind durch die Verschiedenheit der Aufstellung der Thermometer und klimatische Unterschiede geradezu selbstverständlich gemacht.“

15. Luftdruck.

Untersuchungen über die wahren und die Terminextreme des Luftdruckes hat Dr. H. Meyer angestellt[1]). Man kann von vornherein erwarten, dass die Differenzen zwischen den wahren und den Terminextremen bei den Minimis grösser sein werden, als bei den Maximis, dass sie in Gegenden mit raschem und durchgreifendem Wechsel der Luftdruckverteilung grösser sein werden, als in Gegenden mit langsamerem und geringerem Wechsel, dass sie in niederen Breiten wesentlich von der Lage der Termine gegen die tägliche Periode des Luftdruckes abhängen werden.

Die genaue Untersuchung einer Anzahl von Beobachtungen an den verschiedensten Stationen bestätigt dies. „Die Änderungen sind in barometrischen Depressionsgebieten einschneidender, und sie erfolgen rascher als in Hochdruckgebieten, sie sind im Winter stärker als im Sommer und in Nordamerika grösser als in Europa, daher ist die Annäherung der Terminextreme an die wahren bei den Minimis geringer als bei den Maximis, im Winter kleiner als im Sommer und jenseits des Ozeans kleiner als diesseits.

Die jährliche Periode kommt besonders deutlich bei den Minimis zum Ausdrucke, sie flacht sich von den deutschen Küsten über Russland nach Nordasien ziemlich stark ab, was auf eine abnehmende Intensität der Änderungen der Depressionsgebiete auf jenem Wege hindeutet. Ob die Umkehrung der jährlichen Periode für Pola wirklich den Thatsachen entspricht, und ob damit vielleicht die auffallend geringe Änderung der Differenzen bei den Wiener Minimis im Zusammenhange steht, werden wohl nur längere Beobachtungsreihen entscheiden können.

Die mittlere wahre aperiodische Monatsamplitude ist in den mittleren Breiten des alten Kontinentes durchweg um ungefähr 1 *mm* grösser als die mittlere aus den Terminbeobachtungen folgende, im Winter um etwas mehr, im Sommer um etwas weniger. In New-York beläuft sich der Unterschied selbst in der wärmeren Jahreszeit auf reichlich 1 *mm*, in der kälteren Jahreshälfte übersteigt er $1\,{}^1/_2$ *mm*. In höheren Breiten scheint er dagegen etwas geringer zu

---

[1]) Meteorolog. Zeitschr. 1892 p. 401 u. ff.

sein. Die Minima nehmen an diesem Betrage durchweg mit $^2/_3$, die Maxima mit $^1/_3$ des Ganzen teil. Diese Werte können dazu benutzt werden, die mittleren Terminextreme langjähriger Beobachtungen des Luftdruckes auf die mittleren wahren Extreme zu reduzieren, indem man sie als Korrektionsgrössen betrachtet, die immer in dem Sinne angebracht werden müssen, dass dadurch die Amplitude vergrössert wird."

Über den Zusammenhang des Luftdruckes mit dem Stundenwinkel des Mondes sind von Prof. Börnstein Untersuchungen angestellt worden[1]), wobei von demselben die barometrischen Aufzeichnungen zu Berlin, Hamburg und Wien aus den fünf Jahren 1884—1888 benutzt wurden. Ausserdem wurde von Keitum auf Sylt eine 10-jährige Reihe (1878—1888) verwendet. Um eine möglichst grosse Zahl von Barometerständen zu verwerten, wurde für je 24 Zeitpunkte des Mondtages die durchschnittliche Höhe des Luftdruckes festgestellt, wobei infolge der angewandten Berechnungsweise die Berücksichtigung des vom Stundenwinkel der Sonne abhängigen täglichen Ganges des Luftdruckes fortfiel. Es zeigt sich in den Gesamtmitteln für Berlin, Hamburg und Wien keine Spur einer Doppelschwankung, wie sie durch atmosphärische Gezeiten entstehen könnte; auch die einzelnen Jahrgänge lassen dergleichen nicht erkennen mit einziger Ausnahme von Wien 1886, wo allerdings ausser dem Hauptmaximum noch ein sekundäres auftritt. Indessen dürfte trotz dieser Unregelmässigkeit, die übrigens auch nicht als eine symmetrische Doppelschwankung erscheint, gesagt werden können, dass an den drei Beobachtungsstationen Berlin, Hamburg und Wien im Gange des Luftdruckes die atmosphärischen Gezeiten nicht erkennbar sind. Ferner aber zeigen die Zahlen und Kurven, dass eine andere, bisher noch nicht beachtete Periode thatsächlich vorhanden ist, welche sich in einer einmaligen Druckschwankung während des Mondtages ausspricht. Das Minimum dieser Schwankung fällt überall mit dem Mondaufgange nahe zusammen, das Maximum mit dem Monduntergange in Berlin und Hamburg, während in Wien und auch in Keitum das Hauptmaximum erst kurz vor der unteren Kulmination des Mondes eintritt. Die Kurve für Keitum stimmt in der zweiten Hälfte (von der unteren zur oberen Kulmination) mit denen der anderen Beobachtungsorte überein; in der ersten Hälfte findet sich ein sekundäres Maximum bei Keitum um 6^h p., wo bei Berlin und Hamburg das Hauptmaximum liegt, und es ist dabei umgeben von zwei Senkungen der Kurve. Vielleicht könnte diese Form durch Übereinanderlagerung zweier Kurven entstanden sein, deren eine gestaltet ist wie die von Berlin und Hamburg, mit einem Maximum um 6^h p. und einem Minimum um 6^h a., während die andere, wie z. B. in Batavia, zwei Maxima zu den Kulminationszeiten und zwei Minima um 6^h p. und 6^h a. hat.

[1]) Meteorolog. Zeitschrift 1891. p. 161 u. ff.

Für Keitum müsste eine weit längere als 10-jährige Beobachtungsreihe zu entscheiden suchen, ob vielleicht eine Wirkung der Meeresgezeiten im Luftdrucke zu erkennen ist. Im übrigen bestätigt die Untersuchung Börnstein's, dass das Vorhandensein atmosphärischer Gezeiten im Gange des Luftdruckes nicht nachweisbar ist.

Die Änderungen des Luftdruckes während einer totalen Sonnenfinsternis sind von Axel S. Steen studiert worden [1]). Seine Untersuchungen beruhen auf dem Materiale, welches gelegentlich der Finsternis vom 29. August 1886 von 14 norwegischen Schiffern auf Grund einer besonderen Aufforderung zu solchen Beobachtungen geliefert worden ist. Die Totalitätszone jener Finsternis strich zwischen 12° nördl. Br. und 10° südl. Br. über den Atlantischen Ozean, wo die tägliche Periode des Luftdruckes äusserst regelmässig verläuft. Es ergab sich, dass die aus den beobachteten Barometerständen abgeleiteten Kurven des Luftdruckes sämtlich zwei ausgeprägte Maxima zeigen, deren letztes nach dem Ende der Sonnenfinsternis eintritt. Die Finsternis hat also eine barometrische Doppelwelle erzeugt, die A. Steen in folgender Weise erklärt: „Durch eine totale Sonnenfinsternis wird der Tag für eine kurze Zeit zur Nacht gemacht, und der Übergang geht ungefähr in derselben Weise vor sich, wie der gewöhnliche Übergang von Tag zu Nacht in der tropischen Zone, wo die Dämmerung von ganz kurzer Dauer ist. Nun ist daselbst, wie bekannt, die Kurve für die tägliche Periode des Luftdruckes sehr regelmässig, sie hat ein Maximum um 10 Uhr nachmittags, einige Zeit, nachdem die Sonne untergegangen ist, und ein Minimum um 4 Uhr vormittags bei oder kurz vor Aufgang der Sonne, und ihr anderes Maximum um 10 Uhr vormittags bei voller Sonnenbeleuchtung. Es ist da ganz natürlich, dass eine totale Sonnenfinsternis etwas dem Gleiches bewirkt: ein Steigen der Barometerkurve, nachdem die Finsternis angefangen hat, bis zu einem Maximum, dem ein Minimum folgt; hierauf erreicht die Kurve kurze Zeit, nachdem die Finsternis ganz vorüber ist, wieder ein Maximum.

Die doppelte Welle wird sich natürlich zuerst an dem Orte zeigen, an dem die Finsternis zuerst auftritt, und sich darauf nach allen Richtungen hin fortpflanzen. Unterdessen schreitet die Finsternis vor, und je nachdem sie die verschiedenen, in der Totalitätszone belegenen Punkte erreicht, übt sie hier ihren Einfluss auf den Barometerstand aus, ein Einfluss, der sich darin zeigt, dass die Doppelwelle im direkten Zusammenhange mit der totalen Finsternis auftritt.

Dieses schliesst jedoch nicht aus, dass der Luftdruck auf den Stationen der Totalitätskurve schon vor der Finsternis durch Fortpflanzung der Wellen der früher verdunkelten Partien der Zone beeinflusst sein kann; das erste kleine Maximum der Kurve kann möglicherweise als ein solches Zeichen gedeutet werden. Die

---

[1]) Ann. d. Hydrographie 1891. p. 196 u. ff.

Finsternis auf dem Orte selbst übt jedoch einen dominierenden Einfluss aus. Anders ist es dagegen mit den in der Partialzone belegenen Stationen, wo der Luftdruck hauptsächlich nur durch die Fortpflanzung der in der Totalitätszone erzeugten Wellen beeinflusst worden sein kann. Die Entfernung der betreffenden Station von dem Orte, an welchem die Finsternis zuerst total war, sowie von der Totalitätszone überhaupt, muss hier für den Zeitmoment, an welchem man zuerst eine Störung der normalen Barometerkurve bemerkt, entscheidend sein. Die Störung selbst muss als Interferenzphänomen betrachtet werden, da die Doppelwellen von vielen Seiten nach diesem Orte hin fortgepflanzt werden, und es wird von den Umständen, d. h. von der Lage der Station und der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Doppelwellen abhängen, mit wie grosser Regelmässigkeit die Störung auftritt."

16. Nebel und Wolken.

Auf- und absteigende Wolkenpartien. Prof. Mokorovičič in Agram hat eine neue Methode zur Bestimmung der horizontalen und vertikalen Geschwindigkeit der Wolken (aus zwei beobachteten scheinbaren Geschwindigkeiten mit Hilfe der Camera obscura) angegeben und praktisch ausgeführt[1]). Er fand dabei nur höchst selten eine horizontale Bewegung. Als Resultat ergiebt sich, „dass man bei allen unteren Wolken aus der Form auf den Sinn der Bewegung mit Sicherheit schliessen kann. Es gilt folgende Regel: Alle Wolkenpartien mit zerfransten Konturen sind absteigend, und alle Wolkenpartien mit runden scharfen Konturen sind aufsteigend."

Die sog. Föhnmauer in den Zentralalpen, eine Wolkenbildung, die an dem Hauptkamme beim Auftreten des Föhns sich zeigt, ist von Dr. Fritz Kerner von Marilaun genauer geschildert worden[2]).

„Wenn der durch ungewöhnlich prachtvolles Funkeln der Sterne in der Nacht und durch auffallende Durchsichtigkeit der Luft am Morgen sich verkündende Föhn erst schwach und nur zeitweise, dann aber in immer stärker und öfter sich wiederholenden Stössen eine Zeitlang getobt hat, taucht in der tiefsten Scharte des die Thäler im Süden abschliessenden Kammes ein weisser Wolkensaum auf. Dieser wächst rasch zu einem Wölkchen heran, dessen unterer Rand vor der Scharte sich allmählich nach abwärts senkt, während sein oberer Saum langsam emporsteigt und sich der Höhe der Bergspitzen nähert. Da sich indessen die anderen Scharten in ganz gleicher Weise mit dichten Nebeln füllen, wird der Kamm bald in eine flaumige graue Wolke gehüllt, aus der nur mehr die schroffen Spitzen und die von ihnen ausgehenden Felsgrate hervorragen. Allmählich werden auch diese von den immer mächtiger anwachsenden Nebelmassen

---

[1]) Sitzber. d. südslav. Akad. in Agram. **95.** 1889. Meteorol. Zeitschrift 1892. p. 145.

[2]) Zeitschr. d. Deutschen u. Österr. Alpenvereins **33.** 1892. p. 1 u. ff.

allerorts überwallt, und endlich tauchen selbst die höchsten Fels- und Eisspitzen in dem Wolkengebilde unter. Wo noch vor wenigen Stunden sich schwarze Schieferberge vom Blau des Himmels abhoben, lagert nun eine riesige grauweisse Wolkenbank, die aus dicht zusammengeballten Massen geformt, scheinbar mit erdrückender Schwere auf dem Gebirgskamme ruht. Nach unten zu ist sie scharf abgeschnitten und hüllt den Kamm bis etwas unter die Höhe seiner tiefsten Schartungen ein; gegen oben hin zeigt sich noch keine feststehende Grenze. Die mächtige Wolkenbank wächst zu noch immer grösserer Höhe empor und baut sich so allmählich zu einer gigantischen Mauer auf. Nach einiger Zeit stellt nun diese ihr Wachstum ein und begrenzt sich nach oben zu mit einer ziemlich wagrechten, welligen Fläche. Dem Thale kehrt sie eine lange und hohe Wand zu, die an manchen Stellen etwas vorgewölbt ist und, von vorn gesehen, fast senkrecht erscheint. Diese Gestalt behält das Wolkengebilde stundenlang bei. Nur manchmal baucht sich seine Oberfläche an irgend einer Stelle etwas aus, um sich dann wieder abzuflachen, oder es wächst hie und da aus ihm ein Fortsatz heraus, der sich abschnürt und dann als kleines freischwebendes Wölkchen bald wieder verschwindet. Meistens tritt aber lange Zeit hindurch gar keine Formveränderung ein.

Die Windstösse, die von den südlichen Thalgehängen herabkamen, sind zu einem rasenden Sturme angeschwollen, der erst noch mit Unterbrechungen, dann aber fast unaufhörlich das Thal durchbraust. In den Nadelwäldern rauscht es durch die Wipfel, die Äste knarren, und die hohen Stämme schwanken hin und her; in dem Laubgehölze, das die Bachufer umsäumt, reisst der Sturm Blätter und Zweige ab, die Kornfelder wogen auf und nieder, die gesamte Natur erscheint in Aufruhr versetzt, und das Wolkengebilde bleibt bei all' dem Toben so ruhig und bewegungslos, als wäre der schönste windstille Tag.

Dieses Verhalten macht die Föhnwolkenmauer zu einem höchst sonderbaren Phänomene, dessen Seltsamkeit noch dadurch erhöht wird, dass es sich auf den das Thal im Süden abschliessenden Kamm beschränkt; die Gipfel der im Westen und Osten aufragenden Ketten, sowie die im Norden sichtbaren Berge bleiben alle ganz rein, und ein wolkenloser, tiefblauer Himmel spannt sich über das Thal.

Die so befremdende Ruhe des Nebelgebildes ist indes nur eine scheinbare. Befindet man sich in nächster Nähe der Föhnmauer am fuss oder Gehänge des von ihr überlagerten Kammes, so ist das zu beobachtende Bild von ganz anderer Art. Es zeigt sich, dass die hohe, von ferne einer festen Steinmauer gleichende Wolke aus Nebelmassen gebildet ist, die sich stetig nach abwärts bewegen, in einer gewissen Tiefe angelangt, plötzlich verschwinden und fort und fort von oben her durch neue Massen ersetzt werden. Man glaubt fast, vor einem grossartigen, allmählich sinkenden Wasserfalle zu stehen, und, wenn die oberflächlichen Wolkenteilchen sich sonnendurchglänzt vom beschatteten Hintergrunde abheben, wähnt man, das prachtvolle Schauspiel langsam stürzender Wasserraketen vor sich zu haben.

Sehr merkwürdig ist die scharfe Umgrenzung der seltsamen Wolkenmauer. Man möchte glauben, dass durch den heftigen Wind die Nebel in Menge losgerissen und über das Thal hin gejagt werden müssten. Gleichwohl liegt zwischen ihnen und der umgebenden Luft eine Scheidewand, die nur selten durchbrochen wird. Ist dies der Fall, reisst sich ein kleines Wölkchen los, dann zerrinnt dasselbe doch schon in nächster Nähe der Wolkenmauer. Diese ist bisweilen so scharf abgeschnitten, dass man in sie förmlich hineingehen kann. Man braucht oft nur eine kurze Strecke südwärts bergauf zu steigen und befindet sich schon in einem so dichten Nebel, dass nur mehr die in nächster Nähe liegenden Felsblöcke und Steine in ihren Umrissen zu erkennen sind. Steigt man innerhalb der Wolke zum Kamme empor, so sieht man sich inmitten wirr durcheinander jagender

Nebelmassen, die der Sturm rasch gegen Norden treibt. und dort, wo vom Thale aus gesehen, Ruhe zu sein scheint, herrscht wilde Bewegung. Es hat den Anschein, als würden die Nebel durch den heftigen Wind aus dem Süden herbeigeführt, um sich an die Felsen und Klippen des Gebirgskammes zu hängen. Ist man aber auf der Südseite desselben im dicken Qualme eine Strecke hinabgestiegen, so sieht man die Nebel allmählich dünner und dünner werden, und die Umrisse der Landschaft tauchen auf. Geht man noch eine Strecke weiter, so zerreisst ringsum der zarte Schleier, und es eröffnet sich ein freier Ausblick nach Süden auf das in der Tiefe liegende Nachbarthal und die jenseits desselben aufragenden Berge. Gleichwie am Nordhange das rasche Verschwinden, so ist hier das plötzliche Auftauchen der Nebel ein sehr seltsames Phänomen. Ringsum herrscht das schönste Wetter, der Himmel ist wolkenlos, in einer gewissen Höhe des Gehänges aber steigen allenthalben dichte Nebel aus dem Boden auf."

Die Entstehungsursache dieses Wolkengebildes ist natürlich darin zu suchen, dass, wenn die über dem Zentralkamme schwebenden atmosphärischen Schichten in die Nordalpenthäler hinabgestürzt sind, die auf der Südseite des Kammes lagernde Luft an diesem aufsteigend sich über den Taupunkt der in ihr enthaltenen Dunstmassen abkühlt. „Wenn diese Luft, zur Leistung ihrer Hebungsarbeit stetig Wärme verbrauchend, so weit erkaltet ist, dass sie das mitgeführte Wasser nicht mehr in Dampfform zu erhalten vermag, so tritt eine teilweise Ausscheidung desselben in Gestalt von Nebelmassen ein. Bei dem weiteren Aufsteigen der Luft werden immer neue und neue Wassermengen kondensiert, doch nicht so viel, als zunächst scheinen könnte, da bei dem Übergange aus dem gasförmigen in den tropfbaren Zustand Wärme erzeugt wird, welche die weitere Abkühlung bedeutend verzögert. Hat die Luft endlich die Kammscharten erreicht, so kann sie sich nordwärts in die Tiefe stürzen und infolge der hierbei stattfindenden Erwärmung wieder allmählich die ausgeschiedenen Nebel in Dampfform aufnehmen. Da somit nur in der obersten Region der Gebirgskette die Bedingungen für eine Kondensation des Wasserdampfes vorhanden sind, kommt es auch nur hier zur Wolkenbildung, obwohl die Luft schon mit Dünsten erfüllt dem Zentralkamme zuströmt und nach Übersteigung desselben nordwärts abfliesst und somit die auf dem Kamme gebildeten Wolken anscheinend leicht weggeweht und nach Norden fortgerissen werden könnten. Da ferner, solange Luftmassen von gleicher Temperatur und Feuchtigkeit aufsteigen, die Kondensation auf dem Südgehänge des Kammes stets in derselben Höhenzone beginnt, und ebenso auf der Nordseite desselben die Rückverwandlung der Nebel in unsichtbaren Wasserdampf in einem bestimmten Niveau stattfindet, so bleiben die unteren Ränder der Föhnmauer trotz heftig wehenden Windes lange Zeit unverrückt. Die Erscheinung, dass das Wolkengebilde am Nordabhange weniger weit hinabreicht, als am Südabhange, ist dadurch bedingt, dass ein Teil der Wasserdünste auf dem Kamme sich niederschlägt, und somit eine geringere Dunstmenge nordwärts abfliesst, als jenseits des Kammes

aufgestiegen war, zu deren völliger Auflösung schon die niedrigere Temperatur einer höheren Luftzone hinreicht.“

Im Anschlusse an diese allgemeine Betrachtung zeigt Verf. den Einfluss des Terrains auf die durch das Sinken des Luftdruckes in Nordwesteuropa entstehende Luftbewegung in den Alpen an einem besonderen Beispiele, und zwar an dem Föhn der Brennersenke.

Die Wichtigkeit der Beobachtung der leuchtenden Nachtwolken ist von Prof. Förster dargelegt worden[1]). „Schon die lange Dauer dieses Schwebens in so hohen und dünnen Schichten,“ sagt er, „ist eine sehr merkwürdige Erscheinung. In den drei bis vier Jahren, aus denen wir hinlänglich gesicherte Messungen über die Höhen jener Ansammlungen kleinster Massenteilchen besitzen, hat keinesfalls ein Herabsinken derselben, eher ein geringes Emporsteigen stattgefunden, und in den letzten beiden Jahren, in denen sehr genaue Höhenbestimmungen derselben durch zahlreiche photographische Aufnahmen in Berlin, Nauen und Rathenow unter Leitung des Herrn O. Jesse und unter Mitwirkung der Berliner Sternwarte organisiert worden sind, ist die mittlere Höhe jener Wolken fast bis auf 1 *km* unveränderlich befunden worden. Dies ist nur erklärlich, wenn wir in jenen Höhen eine der Schwere nahezu das Gleichgewicht haltende Gegenwirkung annehmen, von der wir uns zur Zeit kaum eine andere Vorstellung als diejenige einer elektrischen Abstossungswirkung bilden können, welche die Erdoberfläche auf jene Teilchen ausübt.

Die Gesamtheit der Einwirkungen, denen solche Teilchen in Höhen von etwa 80 *km* ausgesetzt sind, würde hiernach bestehen in der Wirkung der Schwere und in der eben erwähnten Abstossung, ferner in den Einwirkungen der Bewegungen und Gleichgewichtsbedingungen der dort oben bereits vorhandenen Schichten, endlich in den vorerwähnten Gegenwirkungen der Himmelsluft und in den Abstossungswirkungen, welche auch die Sonne zweifellos auf derartige kleinste Teilchen ausübt, wovon die oftmals weit über die Erdbahn hinausreichenden und sich auch an herankommenden Kometen bereits jenseits der Erdbahn bildenden Schweife Zeugnis ablegen. Vielleicht tritt letztere Wirkung der Sonne auf die fast ganz frei schwebenden kleinsten Teilchen in den obersten Atmosphärenschichten, zu deren Gesamtheit sich auch unablässig die Auflösungsprodukte von Millionen von Sternschnuppen gesellen, in dem sogenannten Zodiakallichte zu Tage.“

Prof. Förster entwickelt dann Anschauungen über das ganze Phänomen, von denen er ausdrücklich betont, dass sie in Gemeinschaft mit Dr. Jesse gewonnen wurden, und die sehr eigenartig sind. Er bemerkt: „In der ersten Zeit des vollkommen zweifellosen und eigenartigen Erscheinens der leuchtenden Wolken, nämlich nicht ganz zwei Jahre nach dem im August 1883 erfolgten Krakatau-

[1]) Verhandl. d. Gesellsch f. Erdkunde zu Berlin 1891. Nr 6. p. 309.

Ausbruche, nachdem die Staubteilchen, welche in Höhen bis zu 40 *km* die Ursache der ungewöhnlichen Dämmerungen gebildet hatten, sich entweder tiefer herabgesenkt oder sich in einer gleichmässigeren, geringeren Dichtigkeit in der Atmosphäre verteilt hatten, befanden sich die Massenteilchen, welche in Höhen von nahezu 80 *km* das Material der leuchtenden Wolken bilden, auch noch unmittelbar über unseren Breiten in ziemlich grosser Dichtigkeit.

Seitdem hat offenbar nicht bloss die Dichtigkeit dieser Stoffansammlungen erheblich abgenommen, sondern, wie es scheint, ihre geographische und periodische Verteilung über den verschiedenen Zonen der Erde sich mehr und mehr eingeschränkt und reguliert.

Von Deutschland aus sind sie in den letzten drei Jahren nur über der nördlichen Ostsee und dem südlichen Schweden in einer 500 bis 700 *km* betragenden Entfernung von uns, und zwar ausschliesslich zwischen Ende Mai und Ende Juli gesehen worden, während sie anderseits in den letzten beiden Jahren auf der südlichen Halbkugel, nämlich an der Südspitze Amerikas, auch nur im dortigen Sommermonate, und zwar nach Süden hin wahrgenommen worden sind.

Man darf nach allen jenen Feststellungen annehmen, dass diese eigentümlichen Ansammlungen von kleinsten Massenteilchen, welche infolge ihrer grossen Höhe und ihrer jeweiligen Lage zu der Polarzone die ganze Nacht hindurch direktes Sonnenlicht empfangen, alljährlich von der einen Polarzone der Erde zur anderen in solcher Weise wandern, dass sie sich stets über derjenigen Halbkugel befinden, welche gerade Sommer hat.

Auf den ersten Blick erscheint eine solche periodische Wanderung ausserordentlich rätselhaft.

Wenn man sich jedoch den ganzen Verlauf der an sich wahrscheinlichen Gegenwirkungen der Himmelsluft in jenen hohen Atmosphärenschichten, welche noch an der Bewegung der Erde um die Sonne und mehr oder minder vollständig auch noch an der Drehung der Erde teilnehmen, vor Augen hält, so lässt sich unschwer erkennen, dass infolge der geneigten Lage der Erdachse ein erheblicher Teil jener Gegenwirkungen in der That folgendermassen in Erscheinung treten muss: vom Juni bis zum Dezember überwiegt ein im September seinen stärksten Betrag erreichender Antrieb zu einer Wanderung jener Schichten von der nördlichen nach der südlichen Halbkugel, wogegen vom Dezember bis zum Juni ein im März seinen stärksten Betrag erreichender Antrieb entgegengesetzten Sinnes das Übergewicht hat.

Hiernach kann man die alljährlichen Wanderungen der leuchtenden Wolken nach den Polarzonen derjenigen Halbkugel hin, welche gerade Sommer hat, sogar als eine notwendige Konsequenz unserer obigen Voraussetzungen in betreff der Himmelsluft ansehen. Es kommt nur darauf an, nachzuweisen, dass diese Annahme und die aus ihr gezogenen Folgerungen mit keinen anderen thatsächlichen

Feststellungen im Widerspruche sind, dass z. B. die in Rede stehenden Wirkungen der Himmelsluft nicht solche Voraussetzungen in betreff der Dichtigkeit der letzteren machen, welche mit der Unmerklichkeit ihres hemmenden Einflusses in den Bewegungen der grösseren Planeten unverträglich sind.

Nun bedarf es aber zu der periodischen Wanderung jener hohen Wolken von Pol zu Pol nur einer durchschnittlichen Geschwindigkeit ihrer Bewegung in der Richtung von Nord—Süd oder umgekehrt im Betrage von etwas mehr als einem Meter in der Sekunde, und ein solcher Betrag bietet gegenüber der Geschwindigkeitsdifferenz von 30 000 *m* in der Sekunde, mit welcher die relativ ruhende Himmelsluft auf die mit der Erde bewegten oberen Atmosphärenschichten einwirkt, offenbar keine Schwierigkeiten obiger Art dar.

Natürlich wird es noch tieferer Untersuchungen und Massbestimmungen bedürfen, um in dieser Sache zu irgend einer Einigung zu gelangen; aber jedenfalls sind genug Anzeichen für die hohe Wichtigkeit der Sache da, um die eifrigsten Anstrengungen vieler zu rechtfertigen, besonders wenn man bedenkt, dass der Nachweis aller jener Zustände und Bewegungen in den obersten Atmosphärenschichten auch von sehr erheblicher Bedeutung für das ganze Verständnis der Erscheinungen in den unteren Luftschichten sein wird, da insbesondere in den labilen Gleichgewichtszuständen, die in letzteren Schichten eintreten können, alles, was in den grossen Höhen vorgeht, unter Umständen entscheidend wichtig sein kann.

O. Jesse glaubt übrigens auch in einer eigentümlichen Helligkeitszunahme, welche die leuchtenden Wolken nach den Morgenstunden hin erfahren, eine Bestätigung der Einwirkungen der Himmelsluft sehen zu können. Jene Wolken gelangen dann immer mehr auf die vordere Seite der Erde, und es ist nicht unmöglich, dass dann zu der Wirkung der Sonnenbeleuchtung auch ein ähnliches, wenn auch matteres Aufleuchten der kleinsten Massenteilchen, wie beim Eindringen der Sternschnuppen in die obersten und dünnsten Schichten unserer Atmosphäre, hinzutritt."

17. Niederschläge.

Regenmessung. Prof. Hellmann hat die Ergebnisse der 6—7 Jahre dauernden Beobachtungen in dem auf seine Veranlassung eingerichteten Regenmess-Versuchsfelde in Berlin diskutiert[1]) und stellt hieraus folgende Ergebnisse zusammen:

I. 1. Die Genauigkeit der Niederschlagsmessungen wird durch den störenden Einfluss des Windes stark beeinflusst. Je mehr ein Regenmesser, unter sonst gleichen Umständen, dem Winde ausgesetzt ist, um so weniger Niederschläge fängt er auf.

---

[1]) Meteorologische Zeitschrift 1892 p. 173 u. ff.

Bei Schneefall und bei feinem (Sprüh-)Regen macht sich dieser Einfluss des Windes am meisten geltend.

2. Die seit mehr als einem Jahrhunderte beobachtete Thatsache, dass in einem hoch — aber dabei frei — über dem Erdboden aufgestellten Regenmesser weniger Niederschlag gemessen wird als in einem am Boden stehenden, wird durch diesen störenden Einfluss des Windes, welcher in der Höhe stärker ist als am Erdboden, vollkommen erklärt.

3. Man kann, um brauchbare Messungen zu erhalten, einen Regenmesser auch hoch über dem Erdboden aufstellen, wenn man ihn nur gegen den störenden Einfluss des Windes sichert.

4. Die übliche Vorschrift, die Regenmesser am Boden „so frei wie möglich" aufzustellen, ist unrichtig[1]).

II 1. Selbst im Flachlande kommen an Orten, welche weniger als einen halben Kilometer von einander entfernt sind, in einzelnen Monaten Unterschiede in der Niederschlagsmenge bis zu 5% vor.

2. Diese Unterschiede steigern sich an einzelnen Tagen mit böigem Wetter, namentlich aber mit Gewitterregen so ungeheuerlich, dass sie 100 und mehr Prozent betragen können. Es ist daher unmöglich, für solche Tage Isohyeten von 10 zu 10 *mm* zu ziehen.

3. In einzelnen Jahren, wie im Durchschnitte vieler Jahre, stimmen die Niederschlagsmengen nahe benachbarter Stationen am besten überein im Frühjahre und im Herbste, während sie im Sommer und im Winter grössere Verschiedenheiten aufweisen.

Ebenso ist die Übereinstimmung in nassen Jahren grösser als in trockenen.

III. 1. Das Spreethal, westlich von Berlin, hat reichlichere Niederschläge als die nächste Umgebung im Osten (Stadt Berlin selbst) und im Süden. Der Unterschied beträgt in der Jahressumme etwa 5%, d. h. etwa 30 *mm*.

2. Die aus dem westlichen Quadranten herankommenden Gewitterregengüsse haben ihre grösste Intensität unmittelbar vor Berlin und erreichen die Stadt in geschwächtem Zustande.

Die Regen und Überschwemmungen im September 1890 nördlich von den Alpen, sind von Dr. F. Augustin untersucht worden[2]).

„Die Septemberniederschläge des Jahres 1890 zeichneten sich durch ihre grosse Ausdehnung, ihre lange Dauer und durch ihre ausserordentlich grosse Ergiebigkeit aus. Es hatte vom 1.—4. September fast ununterbrochen geregnet und gegossen auf einem Gebiete, das sich nördlich der Alpen vom Bodensee bis zur March in der Breite von ca. 300—500 *km* erstreckt. Nach den ombrometrischen Beobachtungen sind in dem Flussgebiete der oberen Donau bis Wien, dem Flussgebiete der Moldau und der Elbe in Böhmen, auf einem Flächenraume von 153.420 *qkm* nach viertägiger Regendauer im ganzen 83.38 *mm* oder 12.790 Millionen *cbm* Wasser niedergefallen. Der Regenfall hatte mitunter einen wolkenbruchartigen Charakter angenommen, indem an manchen Stationen die tägliche Regenhöhe 70—90 *mm* betrug.

---

[1]) Dies gilt natürlich nur für diejenigen Gegenden, in denen man mit Rücksicht auf die Schneeverhältnisse den Regenmesser in einiger Entfernung vom Boden (1 bis 3 *m*) aufstellen muss. Wo man das nicht nötig hat, sondern die Auffangfläche dem Erdboden so nahe bringen kann, dass nur das Hineinspritzen von der Seite vermieden wird, schadet eine möglichst freie und ungeschützte Aufstellung des Regenmessers naturgemäss nur sehr wenig.

[2]) Meteorologische Zeitschrift 1892 p. 128 u. ff.

Die reichlichsten Regen gehörten diesmal nicht den nördlichen Abhängen und den höheren Lagen der Alpen an, sondern breiteten sich in dem niedrigeren Alpenvorlande, an den unteren Flussläufen des Inn, der Isar, Traun und Enns aus. Mit Ausnahme der Iller und des Lech haben nach Penck[1]) die alpinen Zuflüsse der Donau, Isar 125.5 *mm*, Inn 107.8 *mm*, Salzach 105.3 *mm*, Enns und Traun 136.1 *mm* im Alpenvorlande eine viel grössere Niederschlagshöhe aufzuweisen als in den Kalkalpen. Auch auf den höheren Alpenspitzen Sonnblick 93 *mm*, Wendelstein 68 *mm*, Schneeberg 35 *mm* reichte die während der ersten Septembertage gemessene Niederschlagsmenge nicht zur Höhe von 100 *mm*. Überhaupt war bei den Septemberregen mit der Höhenzunahme eine Abnahme der Regenmenge zu bemerken. Nach Penck's gründlichen Untersuchungen waren im oberen Flussgebiete der Donau die Regenmengen für die Periode vom 1.—4. September in nachfolgender Weise verteilt:

	Gebiet in *qkm*	Regenhöhe in *mm*	Regenmenge in Mill. *cbm*
Iller und Lech	6500	115	747
Isar	9000	103	931
Inn	19200	70	1344
Salzach	6900	72	497
Enns und Traun	10300	93	958
Alpenzuflüsse der Donau	51900	86.3	4477
Nördl. Donaugebiet im Deutsch. Reiche	27000	84	2269
Naab	5500	71	390
Regen	2900	63	183
Oberösterreich	4500	132	594
Niederösterreich	10300	52	536
Ausseralpine Zuflüsse der Donau	50200	79.1	3971

Die reichlichsten Niederschläge fielen jedoch im südlichen Böhmen, welches den anderen Landteilen gegenüber erhöht und von Gebirgszügen umrandet erscheint. Hier hatte das Flussgebiet der Moldau bis zur Einmündung der Maltsch eine mittlere Niederschlagshöhe von 161 *mm*, das Gebiet der Luschnitz und der Wottawa 134 *mm* aufzuweisen. Die intensivsten Niederschläge fielen in den südöstlichen Umrandungsgebirgen. Das Niederschlagszentrum befand sich in der Südspitze Böhmens in der Umgebung von Budweis und in dem Flussgebiete der Maltsch, welche, in dem böhmisch-österreichischen Grenzgebirge entspringend, ihren Lauf durch das Gratzener Gebirge nimmt und bei Budweis in die Moldau mündet. Auf diesem, von NW gegen SO allmählich aufsteigendem Terrain wurde während der vier ersten Septembertage mehrfach eine Regenmenge von 200—240 *mm* gemessen. Ein anderes kleineres Gebiet mit reichlichen Niederschlägen finden wir im Bergreichensteiner Gebirge, wo auch Niederschlagsmengen bis zur Höhe von 200 *mm* beobachtet worden sind.

Die Verteilung der Septemberniederschläge im südlichen Böhmen, welche auf Grund von reichhaltigem Beobachtungsmateriale genau verfolgt werden kann, ist keine ganz gleichmässige, sondern wechselt vielfach nach Höhenlage und Richtung der Gebirgszüge. Es finden sich neben Gebieten mit reichlichstem Niederschlage relativ trockene Gebiete. Wie in den Alpen, so hatten auch im südlichen Böhmen höhere Gebirgsregionen kleinere Niederschlagsmengen aufzuweisen, als mittlere und niedrigere Gebirgsstufen. Das regenreichste Gebiet mit mehr als 100 *mm* war im Norden durch den Höhenzug des Brdywaldes und durch den Lauf der Sazawa abgegrenzt, im Westen und Osten erstreckte sich dasselbe nicht weit über die Umrandungsgebirge des südlichen Böhmens hinaus, denn in Bayern nördlich der Donau wurden Niederschlagshöhen über 100 *mm* nur in Metten, in

[1]) Die Donau. Vorträge des Vereines zur Verbreitung naturwissenschaftlicher Kenntnisse in Wien. **31.** Wien 1891.

Mähren ausser Datschitz nur noch an zwei Stationen gemessen. Die intensivsten Niederschläge waren weder nach Westen, noch nach Osten weit über die Grenze Böhmens verbreitet, sondern erstreckten sich nur nach Süden. In Oberösterreich wurde nördlich der Donau während der ersten vier Septembertage die mittlere Niederschlagsmenge von 132 *mm* und südlich der Donau im unteren Flussgebiete der Enns und der Traun von 136 *mm* beobachtet.

Die Verteilung der Niederschläge in Böhmen, welches am meisten durch die Überschwemmungen betroffen worden ist, lässt sich am besten durch nachfolgende Zusammenstellung der Regenhöhen und Regenmengen ersehen, welche in einzelnen Flussgebieten während des 1.—4. September 1890 gefallen sind.

	Flussgebiet in *qkm*	Regenhöhe in *mm* September					Regenquantum in Mill. *cbm* September				
		1.	2.	3.	4.	1.—4.	1.	2.	3.	4.	1.—4.
Moldau und Maltsch .	2860	**56**	52	35	19	162	**160**	149	100	54	463
Luschnitz .	4220	36	**57**	32	9	134	152	**241**	135	38	566
Wottawa .	3740	43	**47**	26	18	134	161	**176**	97	67	501
Sazawa . .	4350	21	**39**	30	9	99	91	**170**	131	39	431
Beraun . .	8860	19	**28**	19	15	81	169	**248**	168	133	718
Kl. Elbe . .	13690	7	21	**27**	6	61	94	284	**370**	89	837
Eger . . .	5590	6	7	**17**	11	41	34	39	**95**	61	229
Moldau . . .	28140	29	**40**	26	14	109	816	**1125**	732	394	3067
Elbe	23180	6	15	**25**	9	55	139	348	**579**	209	1275
Moldau und Elbe . .	51320	18.7	**28.7**	25.6	11.8	84.8	955	**1473**	1311	603	4342

Nach den hier gegebenen Resultaten der an circa 500 Stationen ausgeführten Regenmessungen nahm die Niederschlagshöhe regelmässig von Süden nach Norden ab. In Hinsicht auf die zeitliche Verteilung ist der 2. September als Hauptregentag für den grösseren Teil des Landes anzusehen. Im südwestlichen Böhmen, namentlich an der bayerischen Grenze, entfiel das Regenmaximum auf den 1. September, im nordöstlichen Böhmen auf den 3. September. Mit der Abnahme der Regenmenge nach Norden ist in Böhmen auch ein langsames Vorrücken des Regenmaximums nach dieser Richtung hin zu bemerken.

Die Hochwasser und Überschwemmungen der Flüsse stellten sich sehr bald ein. Denn infolge der vorangegangenen Augustregen war der Wasserstand ziemlich hoch über dem normalen. Der Zufluss von neuem Wasser war ein sehr grosser und ein sehr rascher infolge der Erweichung des Erdbodens, der in dieser Jahreszeit spärlichen Vegetation und der kühlen Witterung. An der Moldau und ihren linksseitigen Zuflüssen stellte sich der höchste Wasserstand bereits den 4. September ein, zwei Tage nach dem Regenmaximum, an den rechtsseitigen Zuflüssen der Moldau und an der Elbe drei bis vier Tage nach der beobachteten grössten täglichen Regenmenge. Die Anschwellung der Flüsse in Böhmen durch die Septemberregen dauerte 17 volle Tage. Von der während dieser Regen im Flussgebiete der Moldau bis Prag niedergefallenen Wassermenge, 3000 Mill. *cbm*, sind bei Prag in der angegebenen Zeit 56% abgeflossen. Die Elbe bei Tetschen führte während ihrer Anschwellung 51%, also mehr als die Hälfte der im Lande gefallenen Regenquantitäten vorbei[1]).

---

[1]) Die Abflussmengen sind nach der Methode Harlacher's ermittelt worden. Siehe A. Harlacher und H. Richter: Mitteilungen über eine einfache Ermittelung der Abflussmengen von Flüssen und über die Vorherbestimmung der Wasserstände. Algem. Bauzeitung 1886.

Auf den Verlauf des Hochwassers in Prag wirkt besonders der Umstand ungünstig ein, dass die Moldau ihre grössten Zuflüsse in geringer Entfernung, die Beraun 10 *km*, die Sazawa 25 *km* oberhalb der Stadt aufnimmt. Bei gleichzeitiger Anschwellung der genannten Flüsse können hier in sehr kurzer Zeit sehr grosse Wassermassen zusammentreffen. Bei dem Septemberhochwasser ist der Wasserstand vor den Altstädter Mühlen in zwei Tagen von 0.7 *m* auf 4.8 *m*, in Karolinenthal auf 5.8 *m* gestiegen, und die Zerstörung der massiven Karlsbrücke erfolgte bereits 36 Stunden nach Beginn der Anschwellung.

Das Donauhochwasser bei Wien im September 1890 hatte trotz längerer vorangegangener Regenzeit einen günstigeren Verlauf als das Moldauhochwasser bei Prag. Nach Penck's Berechnungen[1]) gelangte gleichfalls wie an der Moldau auch im oberen Flussgebiete der Donau mehr als die Hälfte der gefallenen Regenmenge, 8448 Mill. *cbm*, zum Abflusse. Der höchste Wasserstand stellte sich bei Wien den 7. September mit 4.65 *m* über Null ein, und die diesem Stande entsprechende sekundliche Abflussmenge des Wassers betrug 8100 *cbm*, die an diesem Tage abgeflossene Wassermenge 700 Mill. *cbm*. In Prag sind dagegen bei dem am 4. September stattfindenden höchsten Wasserstande 4.8 *m* in der Sekunde 4000 *cbm* und während 24 Stunden 330 Mill. *cbm* Wasser abgeflossen. Vergleichen wir die Wasserführung beider Flüsse an den genannten Orten während des Hochwassers mit der Grösse der Flussgebiete und mit den gefallenen Regenmengen, so sehen wir, dass die Moldau relativ viel grössere Wassermassen zu bewältigen hatte als die Donau. Denn während das Flussgebiet der oberen Donau bis Wien 3.8mal grösser ist als das Flussgebiet der Moldau bis Prag, so waren die während 1.—4. September an der Donau gefallenen Regenmengen 2.8mal, die Abflussmengen beim höchsten Wasserstande nur zweimal grösser.

Die ausgedehnten und intensiven Niederschläge anfangs September 1890 und die darauf folgenden Überschwemmungen sind durch ein barometrisches Minimum verursacht worden, dessen Zentrum aus der Poebene über Kroatien und Ungarn nur sehr langsam gegen Osten zum Schwarzen Meere vorrückte. Da nun gleichzeitig das Maximum über Westeuropa und dem Atlant. Ozeane lag, so herrschten infolge dieser Luftdruckverteilung die ganze Zeit hindurch nördlich der Alpen NW- und N-Winde. Mitteleuropa war in den ersten Septembertagen von einem mächtigen ozeanischen Luftstrome überflutet, der seinen Lauf von dem von SW—NO über dem Atlantischen Ozeane ausgebreiteten Maximum zu dem in SO-Europa befindlichen Minimum über die böhmischen Randgebirge und die Alpen nahm und sich infolge der langsamen Verschiebung des Depressionszentrums längere Zeit in einer und derselben Bahn erhalten hatte.

Durch diesen Luftstrom wurde beständig neuer Wasserdampf vom Atlantischen Ozeane nach Mitteleuropa gebracht, welcher sich im südlichen Böhmen und in den Alpenvorländern zu reichlichen Niederschlägen kondensierte, weil hier eine rasche Abkühlung des Luftstromes durch Ansteigen in höhere Luftschichten über einem gebirgigen Terrain und gleichzeitig durch den raschen Übergang aus den dichteren Luftschichten des barometrischen Maximums in die dünneren Schichten des Minimums stattfand. Die Luftströmung war in der Übergangszone vom barometrischen Maximum zum Minimum besonders heftig, weil sich vom barometrischen Maximum im Westen die Zunge hohen Luftdruckes nördlich der Alpen, die hier nach Hann[2]) im Sommer normal zu sein pflegt, weit in das Gebiet des im Südosten lagernden Minimums vorschob und daher hier eine rasche Abnahme des Luftdruckes von Westen nach Osten verursachte,

[1]) Die Donau **31.** Wien 1891.

[2]) Die Verteilung des Luftdruckes über Mittel- und Südeuropa. Geograph. Abhandlungen Wien 1887.

namentlich nach Böhmen hin, wo sich in den zwei ersten Septembertagen eine barometrische Depression vorfand.

Die stärksten Niederschläge standen mit sekundären Luftdruckgebilden in Verbindung, welche sich in der Übergangszone vom Maximum zum Minimum ausgebildet hatten, einer Zunge hohen Luftdruckes nördlich der Alpen und einem sekundären Minimum im südlichen Böhmen, welches sich an den nördlichen Rand dieser Zunge anschloss. Dass besonders die grossen Regenmengen vom 1.—2. September im südlichen Böhmen auf diese sekundäre Depression zurückzuführen sind, ist daraus ersichtlich, dass nach ihrem Verschwinden sich die Gradienten abgeschwächt, die Regen vermindert und sich gleichmässiger auf das Land verteilt haben. Da sich der Ausläufer des hohen Luftdruckes, an welchen die Septemberniederschläge gebunden waren, allmählich nach Osten vorschob, so fielen dieselben beim steigenden Luftdrucke.

Die intensivsten Niederschläge gehörten den mittleren Gebirgslagen, besonders deren nördlichen Abhängen an; nach oben nahm die Niederschlagsmenge in auffälliger Weise ab. Es war die Kondensation deshalb in den niedrigen Luftschichten am ergiebigsten, weil der mit Wasserdampf gesättigte ozeanische Luftstrom, der die Niederschläge nach Mitteleuropa brachte, ursprünglich schon eine relativ niedrige Temperatur hatte. Die Lufttemperatur an den Küsten des Atlantischen Ozeans war in den Morgenstunden 12—14° C., über dem Regengebiete unter 10° C. Die regenbringenden Wolken bei den kalten NW—N-Winden ziehen gewöhnlich in niedrigeren Höhen als bei wärmeren Luftströmungen.

Aus der im Flussgebiete der Donau, der Moldau und der Elbe in Böhmen gefallenen Niederschlagsmenge während des 1.—4. September 1890 kann man sich annähernd eine Vorstellung machen von der Mächtigkeit des Luftstromes, durch welchen diese Niederschläge den genannten Flussgebieten gebracht worden sind. Da bei der damals im Bereiche des Regengebietes stattfindenden Abkühlung des mit Wasserdampf gesättigten Luftstromes um 3—4° C. circa 2 *g* flüssigen Wassers aus jedem *cbm* Luft ausgeschieden werden mussten, und da bei der damals herrschenden Temperatur das ausgeschiedene Wasserquantum 2 *ccm* oder $\frac{1}{500000}$ *cbm* ausmacht, so waren zur Ausscheidung einer Niederschlagsmenge von 12790 Mill. *cbm* circa 500000mal soviel *cbm* Luft nötig. In Wirklichkeit dürfte die Luftmenge, aus welcher die Septemberniederschläge ausgeschieden worden sind, noch grösser gewesen sein als 12790 × 500000 Mill. *cbm*, weil nicht alles kondensierte Wasser zum Boden fällt, sondern sich ein Teil desselben als Wolken in den höheren Schichten der Atmosphäre erhält. Der Austausch einer solchen Luftmasse durch horizontale Strömung bei Annahme des Kondensationsprozesses bis zu 3000 *m* hätte bei viertägiger Regendauer über dem ca. 300 *km* breiten Regengebiete eine mittlere Geschwindigkeit von $\frac{300 \times 13.9}{4} = 1042.5$ *km* täglich oder 12 *m* per Sekunde erfordert. Nach den Wetterkarten fanden im Regengebiete ziemlich heftige, zuweilen stürmische Luftströmungen statt.

Bei der Luftdruckverteilung mit dem Minimum in S- oder SO-Europa und dem Maximum über dem Atlantischen Ozeane stellen sich nördlich der Alpen immer ähnliche Witterungsverhältnisse ein, wie im September 1890: Kühle und zuweilen auch stürmische NW-Winde mit Regen- und Schneefall und infolgedessen auch Überschwemmungen, wenn sich die Luftdruckverteilung längere Zeit unverändert erhält."

Das Auftreten und die geographische Verteilung starker Regenfälle im europäischen Russland ist von E. Berg untersucht worden [1]) auf Grund der regelmässigen Be-

[1]) Repert. f. Meteorologie 1891. **14.** p. 10.

obachtungen, welche seit 1886 in dem Netze der Regenstationen Russlands angestellt wurden. Die zur Untersuchung herbeigezogenen Beobachtungen umfassen einen Zeitraum von 5 Jahren. Als starke Regenfälle wurden solche bezeichnet, die in 24 Stunden 40 *mm* Wasser lieferten. Zunächst stellt E. Berg die Zahl der Regenfälle von über 40 *mm* in den einzelnen Jahren des Lustrums nach den einzelnen Gouvernements in einer Tabelle zusammen und erhält so die sofort sich herausstellende Verschiedenheit der einzelnen Provinzen, wie der einzelnen Jahre. Die grösste Häufigkeit in allen Jahren zeigen Bessarabien, Wolhynien, Podolien und Smolensk. Sodann werden die grössten Regenfälle für die einzelnen Monate nach den Gouvernements und nach grösseren Gruppen derselben zusammengestellt. Eine andere Art der Gruppierung stellt die Regenfälle nach ihrer Grösse für die einzelnen Gouvernements zusammen, und endlich werden Zusammenstellungen gemacht über die Ausdehnung, welche einzelne stärkere Regenfälle erlangt hatten.

Die Resultate dieser Untersuchung fasst Berg in nachstehende Sätze zusammen:

1. Die Häufigkeit täglicher Regenmengen von mehr als 40 *mm* fürs ganze europäische Russland zusammen ist einer beträchtlichen Schwankung unterworfen. (Wird die Anzahl der Regenfälle von über 40 *mm* pro Tag durch die Zahl der Regenstationen, die in den einzelnen Jahren nicht dieselbe war, dividiert, so erhält man als Ausdruck für die Häufigkeit der starken Regenfälle: 1886 0.36; 1887 0.21; 1888 0.30; 1889 0.33; 1890 0.23.)

2. Trotz dieser Schwankung lässt sich bereits aus den Beobachtungen eines Lustrums ersehen, dass sich die Häufigkeit starker Regenfälle nach den orographischen Verhältnissen abstuft; wobei sich allerdings (am Ural) auch der Einfluss der mehr kontinentalen Lage geltend macht.

3. Die grösste Hänfigkeit finden wir, abgesehen von der SO-Küste der Krim, im äussersten Südwesten des Reiches; auf der östlichen Seite des Dnjepr scheint sich über Smolensk ein Gebiet mit nächstgrösster Häufigkeit hinzuziehen, in allen übrigen Teilen des Reiches ist der Grad der Häufigkeit geringer.

4. Hinsichtlich der Grösse starker Regenfälle scheint sich ebenfalls eine Zunahme in der Richtung nach SW geltend zu machen.

5. Als nördliche Grenze für das Auftreten täglicher Regenmengen von 100 *mm* und mehr dürfte im Zentrum Russlands das Gouvernement Moskau gelten.

6. Der jährliche Gang der Häufigkeit starker Regenfälle zeigt, dass dieselbe im allgemeinen das Maximum im Sommer erreicht. Der Grad der Häufigkeit scheint, mit Ausnahme des Südostens, durchweg im Herbste grösser zu sein als im Frühlinge.

7. Was die Dauer der jährlichen Periode des Auftretens starker Regenfälle betrifft, so erweist es sich, dass dieselbe im Nordosten des Reiches am kürzesten ist; von hier aus nimmt dieselbe mit

wachsender Richtung nach SW zu und erreicht in den südwestlichen Gouvernements das Maximum, insofern daselbst, mit Ausnahme des Februar, in allen Monaten Niederschläge von über 40 *mm* beobachtet werden.

8. Die Untersuchung der Verbreitung starker Regenfälle an einzelnen Tagen zeigte, dass, neben dem sporadischen Auftreten derselben, Fälle zu bemerken sind, in denen dieselben sich auch auf ausserordentlich grosse Strecken verfolgen lassen.

9. Derartig verbreitete Regengüsse treten in Verbindung mit barometrischen Depressionen auf, wobei das Gebiet der stärksten Regenfälle die Form eines schmalen Bandes aufweist, welches sich gerade oder gewunden, entsprechend der Bewegungsrichtung der Depression, hinzieht.

10. Sehr starke Regenfälle, welche sich gleichzeitig auf weiten Strecken beobachten lassen, scheinen am häufigsten in den Monaten August und Juli aufzutreten.

Über die Niederschlagsverhältnisse in den Tropen und Subtropen hat sich W. Krebs verbreitet [1]). Zunächst behandelt er die Periodizität und Wanderung der Dürren.

„Auf die Zeit um 1889 konvergieren zwei Defizitperioden, eine kürzere von 3 Jahren, welche seit Anfang der siebziger Jahre Geltung besitzt und sich erst seit Mitte der achtziger Jahre etwas verwischte, und eine längere Periode von 9 bis 12 Jahren, diejenige schwerer Dürren, welche seit 1782 verfolgt worden ist.

Die Niederschläge liessen 1888 in mehr südlich gelegenen Tropenländern: Borneo, Java, Neu-Guinea, ferner Queensland, Ostafrika und Brasilien nach.

Die Kaltwetterniederschläge des nordwestlichen Indiens erreichten 1889 eine ungewöhnliche Höhe.

Die erste Schlussfolgerung bezieht sich auf folgende beiden Jahresreihen:

I. 1873 1876/77 1880 1883 (1886).
3 3 3 3

II. 1782(3) 1791 1802/3 1812 1823 1832 1844 1853 1865 1876/77.
8—9 11 9 11 9 12 9 12 11

Die zweite Reihe lässt übrigens eine Schwankung in der Länge der Perioden erkennen, welche die längste Dauer oder sogar, da das Intervall 1865—1876 ungewöhnlich gross ist, ein Übersteigen derselben wahrscheinlich machte.

Die erste Reihe wurde dadurch verwischt, dass das Jahr 1886 für Vorderindien einen Überschuss der Niederschläge brachte, im Mittel für 83 Stationen 6 $^1/_2$ % mehr als den bisherigen Durchschnitt. Doch war dieser Überschuss excessiven Niederschlägen in einzelnen Landesteilen, besonders im Carnatic, zuzuschreiben, und

[1]) Verhandlungen der Gesellschaft deutscher Naturforscher. 63. Versammlung. II. Teil p. 513.

wiesen 7 von den 12 Regenprovinzen des britischen Indiens ein Defizit der Niederschläge auf. Unter anderem war das für Birma der Fall, wo 7 % im Durchschnitte der 5 Stationen ausblieben. Aus chinesischen Handelsberichten ist aber zu entnehmen, dass gerade im Jahre 1886 Dürre auf Hainan und im südlichsten Teile Chinas herrschte. Es ist demnach wohl die Annahme gestattet, dass das auf 1886 entfallende Defizit mehr östliche Gebiete heimsuchte, innerhalb der Breitengrenzen Vorderindiens: 10 bis 35° N.

Ein ähnliches Vikariieren benachbarter Länder derselben Breite kann für das Jahr 1889 in Anspruch genommen werden. Für Vorderindien brachte auch dieses kein Defizit, sondern im Durchschnitte von 100 Stationen ein Mehr von etwa $3\frac{1}{2}$ %. Von den Philippinen dagegen (10 bis 12° N) und aus Akyab und Saigon in Hinderindien liegen für 1889 Nachrichten über Dürren vor, welche die Landwirtschaft, besonders die Reisernte schwer schädigten. Für Vorderindien selbst liess sich wenigstens ein Versiegen der Niederschläge gegen Ende 1889, besonders für den Herbstmonsun des südlichen Teiles nachweisen.

Doch können wir in derselben Breitenzone auch nach Westen weitergehen. Im Jahre 1886 verzeichneten Tripolitanien und das südliche Marokko, bis zur Breite von Mazagan ($33\frac{1}{2}$° N) Dürren, welche die Ernte schwer schädigten. Die ungewöhnliche Trockenheit mochte sich wohl auch weiter nach Süden in die Sahara erstrecken, denn Tuaregbanden dehnten ihre Plünderungszüge bis in die Nähe der Stadt Tripolis aus [1]).

Das Jahr 1889 brachte dem venezolanischen Flachlande, der Insel Haïti und Teilen Mexikos ungewöhnliche Trockenheit. Nachrichten über erstere Gebiete enthält das Handelsarchiv von 1890 [2]). Für Mexiko liegen die Daten einiger Stationen vor. So fielen in Puebla im Jahre 1889 nur 790.9 *mm* Regen, 86 % des Mittels der Jahre 1878—1889. Von dieser Menge war mehr als die Hälfte, 408.6 *mm*, auf die beiden Monate August und September zusammengedrängt, während Februar, November und Dezember ganz regenlos blieben. Auch Guanajuato zeigte in der Regenzeit 1889 bis September einen ähnlichen Nachlass der Niederschläge gegen dieselben Zeiten des Jahres 1888. Doch waren diese Defizits der Niederschläge in Mexiko wirtschaftlich wohl ohne nennenswerte Bedeutung. Für Venezuela wurden zunächst erst die Ernteaussichten als schlecht bezeichnet, bis zur Ernte selbst kann sich hier manches geändert haben.

Ganz anders die meteorologische Bedeutung dieser Defizits. In dem vorhergehenden Jahre 1888 verzeichneten ausser Teilen Brasiliens der gebirgige Süden Venezuelas und das benachbarte Columbien schwerere Dürren. In Venezuela kam zwar der Kaffee früh und

---

[1]) Deutsches Handelsarchiv 1887—1890.
[2]) Deutsches Handelsarchiv 1890. II. p. 207 u. ff.

reichlich ein, aber Kakao, Mais, Bohnen und Reis litten sehr unter der Trockenheit. Die Ausfuhr des ersteren von der 1888er Ernte betrug wenig mehr als die Hälfte der vorjährigen Ausfuhr. In den benachbarten Teilen Columbiens missriet die Kaffeeernte 1888—1889. Die Trockenheit war ausserdem so gross, dass durch Versiegen des Flusses Zulia die Ausfuhr der guten Frühjahrsernte von 1888 schwere Verkehrsstörungen erfuhr.

Es ging also den Defizits 1889 in Mittel- und Südamerika eine Dürre 1888 in nächst südlich gelegenen Teilen Südamerikas voraus. Das führt auf den zweiten Grund jener Dürrezeit.

Mustern wir daraufhin die beiden anderen angeführten Defizitgebiete indischer Breiten, so finden wir ganz augenfällige Übereinstimmungen.

Die Dürre des Jahres 1886 auf Hainan und im tropischen Süden Chinas fand nicht allein im Jahre 1887, sondern auch 1888 Fortsetzung in weiter nördlich gelegenen Gebieten. Mit ausgezeichneter Deutlichkeit gestatten die Handelsberichte der Imperial Maritime Customs, das nördliche Vordringen der Dürre zu verfolgen.

Auf ungewöhnlich starke Schneefälle im Winter 1886—1887 folgten im Gebiete des mittleren und unteren Yangtsekiang und südlicher gelegenen Teilen des mittleren China grösstenteils schwere Dürren, unter denen besonders die Reisernten zu leiden hatten, während excessive Niederschläge im nördlichen China den bekannten Dammbruch am unteren Hoangho herbeiführten.

Die von dieser Überschwemmung 1887 heimgesuchten Provinzen Schantung und Kiangsu litten im folgenden Jahre 1888 strichweise an Dürre. Ihr Schicksal teilte die nördlichste Provinz Chinas, Tschili, und das südliche Korea.

Einen ganz ähnlichen Weg schlug in denselben drei Jahren die Dürre Nordafrikas ein. In Tripolitanien hielt sie an von 1886 bis 1888, im südlichen Marokko bis 1887. In diesem zweiten Dürrejahre dehnte sie sich aus nach Norden, über die Hinterländer von Rabat und Larache, in Marokko und den Süden und Osten Tunesiens. Im Jahre 1888 erreichte sie den äussersten Norden Afrikas, das nördliche Tunesien. Während im Jahre 1889 in den heimgesuchten Gebieten Nordafrikas überall gute Regen fielen, scheint sie sogar nach Südeuropa übergegriffen zu haben. Im Hinterlande von Cadiz schlug infolge Regenmangels die Feigenernte, in demjenigen von Valencia die Rosinenernte teilweise fehl. Die Weizenernte des südwestlichen Russland fiel zu $^3/_5$ aus. Im Hinterlande Odessas wurden 1888 40 Millionen Tschtwert, 1889 nur 16 Millionen Tschtwert geerntet.

Wohl von grösserem Interesse für Deutschland sind Umstände, welche darauf deuten, dass auch das tropische und subtropische Südafrika der Schauplatz eines ähnlichen Witterungsganges ist. Das Jahr 1889 brachte nach mehrjährigem Regenmangel dem Bezirke Mozambique der gleichnamigen Kolonie so reiche Niederschläge, dass

die Ernte alle anderen des Jahrzehntes übertraf, den südlichen Teilen Afrikas aber Dürre. Im östlichen Kaplande dauerte diese von März bis Oktober 1889 und schädigte nicht allein die Hafer- und Weizenernte, sondern auch die Viehzucht. Der Oktober 1889 brachte übermässigen Regen. Es deutet dieser Zusammenhang ebenfalls auf einen Gang der Witterung von niederen nach höheren Breiten, im Osten Südafrikas also von Norden nach Süden."

Über die Bildung des Taues hat Wollny Untersuchungen angestellt [1]). Eine grössere Anzahl aussen glasierter Blumentöpfe wurde mit gleichen Gewichtsmengen Erde beschickt und mit einer Pflanzendecke versehen; der Wassergehalt des Bodens wurde durch täglichen Ersatz des verdunsteten Wassers zunächst auf gleicher Höhe gehalten, und nachdem die Pflanzen sich kräftig entwickelt, diejenigen Töpfe, welche mehrere Tage hindurch beim Wägen eine gleiche Verdunstung ergeben hatten, zur Taumessung ausgesucht. Je zwei solcher Kulturtöpfe mit gleicher Verdunstung wurden nun in Nächten, in denen Taubildung zu erwarten war, unter genau gleichen Bedingungen dem Versuche unterzogen; der eine Topf wurde frei der Luft exponiert, so dass sich an den Pflanzen Tau bilden konnte, der andere in der Höhe von 1 *m* durch ein Leinwanddach geschützt, welches zwar die Taubildung hinderte, aber die Verdunstung in keiner Weise beeinträchtigte. Der Unterschied in der Verdunstung dieser beiden Töpfe ist nach Wollny durch die Taubildung auf dem einen bedingt und giebt ein Mass desselben. Es wurden nun zunächst Vergleiche angestellt mit verschiedenem Feuchtigkeitsgrade der in den Töpfen befindlichen Erde, in einer Reihe wurde sie stetig auf 75 % ihres Wasserhaltungsvermögens, in einer zweiten auf 50 % und in einer dritten auf 25 % dauernd erhalten. Das Resultat war ein auffallendes. Die Menge des auf den Pflanzen abgesetzten Taues war um so grösser, je höher der Wassergehalt des Erdreiches unter sonst gleichen Verhältnissen war.

Zum Verständnisse dieses Ergebnisses werden die Temperaturverhältnisse in der Nähe der Erdoberfläche, wie sie Wollny in einer grossen Anzahl von klaren Sommernächten bei Windstille gemessen hat, herangezogen. Dieselben ergeben ganz konstant in der Nähe der Erdoberfläche eine tiefere Temperatur als in grösserer Höhe bis zu 2 *m*; die Differenz stieg in einem Falle bis auf 7—8°, und sie betrug in der überwiegenden Mehrzahl aller Messungen 2° bis 3°; ein Beweis, dass die nächtliche Strahlung sich fast ausschliesslich auf die unterste, an der Erdoberfläche gelegene Luftschicht erstreckt, und dass man die Luft wärmer findet, je höher man sich, innerhalb der in Frage kommenden Grenzen, von der Oberfläche erhebt.

Aber auch wenn man von der Erdoberfläche aus in die Tiefe geht, findet man in den Sommernächten eine mit der Tiefe zu-

[1]) Forsch auf dem Geb. d. Agrikulturphysik 1892 **15.** p. 111 u. ff.

nehmende Temperatur, und da der mit Pflanzen bestandene Boden infolge des Schutzes, den die Pflanzen gewähren, sich an seiner Oberfläche nur langsam abkühlt, so ist diese auch noch beträchtlich wärmer als die Oberfläche der Pflanzendecke. Aus diesen Thatsachen folgt, dass bei ausgiebiger Strahlung und ruhiger Atmosphäre das Temperaturminimum an der Oberfläche der Pflanzendecke gelegen ist. Berücksichtigt man ferner den Umstand, dass die Temperatur des Erdreiches während der Nacht nur langsam abnimmt, so ist es verständlich, dass in dieser Zeit noch ziemlich beträchtliche Wassermengen verdunsten und von der Bodenoberfläche aufsteigen. Von diesem Wasserdampfe muss sich ein Teil in der Schicht niederschlagen, in welcher das Temperaturminimum liegt, d. h. in der obersten Schicht der Pflanzendecke, während der in die Atmosphäre übertretende Teil des Wasserdampfes, sowie der unterhalb der ausstrahlenden Pflanzenoberfläche befindliche keine Kondensation erfährt, weil die Luft nach oben und unten steigende Temperatur aufweist.

Nicht allein die Zunahme der Taumenge mit der Feuchtigkeit des Bodens wird hiernach selbstverständlich und die anderen hiermit im Zusammenhang stehenden oben erwähnten Erfahrungen, sondern auch die durch zahlreiche Versuche erhärtete Thatsache, dass in der Regel die dem Boden zugekehrte Blattseite stärkere Taubildung aufweist, und dass sich auf der Oberfläche des Bodens unter der Pflanze kein Tau bildet.

Neben den aus dem Boden aufsteigenden Dampfmengen kommen, wie vergleichende Messungen ergeben haben, auch diejenigen in Betracht, welche von den Pflanzen selbst verdunstet werden, derart, dass, je kräftiger die oberirdischen Organe der Pflanzen entwickelt sind, und je enger die Individuen stehen, desto grösser die auf gleiche Bodenflächen bezogenen Taumengen waren. Da nun auch die Verdunstung der Pflanzen von der Bodentemperatur und Bodenfeuchtigkeit bedingt werden, so sind diese beiden Faktoren in doppelter Beziehung für Taumengen massgebend.

Wollny bespricht sodann die Bildung und Menge des Taues an leblosen Körpern, für welche die an den Pflanzen gefundenen physikalischen Bedingungen der Niederschlagsbildung in gleicher Weise bestimmend sind, während die rein physiologischen Momente der Wasseraufnahme und Verdunstung der lebenden Pflanzen in Wegfall kommen. Er berechnet sodann die jährliche Taumenge im Vergleiche mit der jährlichen Höhe der sonstigen Niederschläge und findet für München, dass in den Jahren 1881 und 1882 die Taumenge 3.46 % der sämtlichen Niederschläge betragen hat, also im Vergleiche zu letzteren ausserordentlich gering gewesen ist[1]).

[1]) Naturw. Rundschau 7. p. 36.

18. Winde und Stürme.

Die Stürme an der deutschen Küste von 1878—1887. Eine statistische Zusammenstellung derselben hat N. Bödige gegeben [1]). Die Anzahl und Verbreitung dieser Stürme zeigt die folgende Tabelle:

Verbreitungsgebiet	1878	1879	1880	1881	1882	1883	1884	1885	1886	1887	Summe	Prozente
a. Ganze Küste . .	23	16	25	24	18	15	17	9	7	19	173	33.3
b. Nordsee und westliche Ostsee . . .	5	6	10	12	12	10	2	5	9	7	78	15.0
c. Ganze Ostsee . .	7	11	5	16	3	7	—	10	4	8	71	13.6
d. Mittlere u. östliche Ostsee	15	14	13	6	16	7	5	8	8	16	108	20.8
e. Nordsee	—	4	—	1	3	1	1	1	1	3	15	2.9
f. Westliche Ostsee .	—	—	3	2	1	—	—	4	3	—	13	2.5
g. Mittlere Ostsee . .	—	—	—	—	—	—	2	—	9	7	18	3.4
h. Östliche Ostsee . .	12	4	4	4	3	2	4	8	—	3	44	8.5
Summe	62	55	60	65	56	42	31	45	41	63	520	

Aus dieser Tabelle geht u. a. folgendes hervor: Stürme mit geringerer Ausdehnung (e — h) sind nur an 90 Tagen beobachtet worden, während in 430 Fällen die stürmische Witterung ein grösseres Verbreitungsgebiet hatte (e—h 17.3 %, a—d 82.7 %).

Fast genau ein Drittel aller Stürme erstreckte sich über die ganze Küste, und berechnet man die Gesamtzahl der Sturmtage, die auf jede der 4 Stationsgruppen fallen:

Stationsgruppe	1878	1879	1880	1881	1882	1883	1884	1885	1886	1887	Summe
Nordsee	28	26	35	**37**	33	26	20	**15**	17	29	266
Westliche Ostsee .	35	33	43	**54**	34	32	**19**	28	23	34	335
Mittlere Ostsee .	45	41	43	46	37	29	**24**	27	28	**50**	370
Östliche Ostsee .	**57**	45	47	50	40	31	26	35	**19**	46	396

so ergiebt sich, dass im Mittel auf die Nordseeküste jährlich 26 Tage mit stürmischer Witterung fielen, auf die westliche Ostsee 33 Tage, auf die mittlere Ostsee 37 und auf die östliche Ostsee 39 Tage. Die östliche Küste erwies sich also erheblich sturmreicher als die westliche.

„Drei Viertel aller Stürme mit grösserer Ausdehnung (a — d) traten in den Wintermonaten (Oktober bis März) auf, und von den über die ganze Küste sich erstreckenden Stürmen fallen beinahe 80 % auf das Winterhalbjahr, dagegen sind die Stürme mit geringerer Ausdehnung verhältnismässig häufiger im Sommer. Von 90 solchen Stürmen sind 41 in den Sommermonaten verzeichnet.

Vereinigt man die Häufigkeitszahlen für jede der 4 Stationsgruppen:

[1]) Ann. d. Hydrogr. 1891. p. 118 u. ff.

Stationsgruppe	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Sommer %	Winter %
Nordsee	32	22	**44**	6	11	9	6	20	12	32	31	41	24.0	76.0
Westliche Ostsee . .	39	30	**51**	13	19	12	9	21	16	45	36	44	26.8	73.2
Mittlere Ostsee . .	54	36	50	10	11	11	9	21	24	**63**	35	46	23.2	76.8
Östliche Ostsee . .	59	39	48	6	15	8	12	24	28	**63**	42	52	23.5	76.5

so tritt das Überwiegen der Winterstürme an allen Teilen der Küste recht deutlich hervor. Es zeigt sich zugleich, dass für die westliche Küste der März, für die östliche Küste der Oktober der sturmreichste Monat war.

Bei weitem am häufigsten sind Stürme mit eintägiger Dauer verzeichnet, wie dies aus der nachfolgenden Tabelle hervorgeht.

Dauer der Stürme	1 Tag	2 Tage	3 Tage	4 Tage	5 Tage
Ganze Küste	43	32	7	10	1
Nordsee und westliche Ostsee . . .	53	6	3	1	—
Ganze Ostsee	35	11	2	2	—
Mittlere und östliche Ostsee	35	23	5	3	—
Nordsee	9	3	—	—	—
Westliche Ostsee	6	2	1	—	—
Mittlere Ostsee	5	2	3	—	—
Östliche Ostsee	22	7	—	2	—
Summe	208	86	21	18	1

Von den mehrtägigen Stürmen hatten also mehr als 80 % grössere Ausdehnung. Der einzige aufgeführte Sturm mit 5-tägiger Dauer (d. h. mit annähernd gleicher Windstärke an allen 5 Tagen) fand statt vom 8. bis zum 12. August 1887. Es sind jedoch auch mehr als 5-tägige Perioden stürmischer Witterung verzeichnet, dieselben sind aber, da sie durch 1 oder 2 Tage mit nachlassender Stärke des Sturmes unterbrochen wurden, nicht als solche gezählt. Es erübrigt noch, zu bemerken, dass von allen Stürmen mit 1-tägiger Dauer 65 % auf die Wintermonate fielen, von den 2-tägigen dagegen 77 %, von den 3-tägigen 71 % und von den 4-tägigen 89 %.

	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Ganze Küste	3	5	7	4	5	54	55	30
Nordsee u. westl. Ostsee .	4	5	11	7	5	25	13	8
Ganze Ostsee	7	3	10	2	3	11	25	9
Mittlere u. östliche Ostsee	12	7	3	3	—	12	45	26
Nordsee	—	1	2	1	1	4	4	2
Westliche Ostsee . . .	1	1	4	2	—	—	4	1
Mittlere Ostsee	—	4	4	2	—	—	4	4
Östliche Ostsee	10	2	—	—	—	6	14	11
Summe	37	28	41	21	14	112	164	91
Prozente	7.3	5.5	8.1	4.2	2.8	22.0	32.2	17.9

Bei der Untersuchung der Windrichtung an den aufgeführten 520 Sturmtagen zeigte sich, dass, von wenigen Fällen abgesehen, stets eine mittlere Windrichtung des Sturmes sich feststellen liess, und es ergaben sich für die 8 Hauptwindrichtungen vorstehende Häufigkeitszahlen:

	N	%	NO	%	O	%	SO	%	S	%	SW	%	W	%	NW	%
Nordsee . .	7	3	11	4	20	8	12	5	11	4	83	32	72	28	40	16
Westl. Ostsee	15	5	14	4	32	9	15	5	13	4	90	28	97	30	48	15
Mittl. Ostsee	22	6	19	5	24	7	11	3	8	2	77	22	129	36	69	19
Östl. Ostsee .	32	8	17	5	20	5	9	2	8	2	83	22	139	36	76	20

Hieraus geht wieder unmittelbar hervor, wie oft in dem zehnjährigen Zeitraume z. B. an der Nordseeküste ein Sturm aus N, NO u. s. w. stattgefunden hat.

Bemerkenswert ist das Hervortreten der Stürme aus SW und O an der westlichen Küste.

Durch Vereinigung der Häufigkeitszahlen für die 4 Jahreszeiten (Frühling: März—Mai, Sommer: Juni—August u. s. w.) erhält man folgende Tabelle:

	N	%	NO	%	O	%	SO	%	S	%	SW	%	W	%	NW	%
Frühling . .	7	6	10	9	21	18	6	5	4	3	12	10	32	28	24	21
Sommer . .	4	6	—	—	—	—	—	—	—	—	8	13	29	46	22	35
Herbst . .	14	9	9	6	14	9	9	6	6	4	48	31	39	25	16	10
Winter . .	12	7	9	5	6	3	6	3	4	2	44	26	64	37	29	17

Im Frühjahre also traten neben den Stürmen aus W und NW besonders häufig die Stürme in östlicher Richtung auf. Im Sommer fehlen die letzteren dagegen gänzlich, und es hatten 81 % aller Stürme die mittlere Richtung W und NW. Für den Herbst ist das Vorwiegen der Stürme aus SW bemerkenswert; im Winter herrscht wiederum die westliche Richtung vor.“

Die Ergebnisse seiner Untersuchung fasst der Verfasser in folgende Sätze zusammen:

„1. Vier Fünftel aller Stürme an der deutschen Küste von 1878 bis 1887 erstreckten sich über einen grösseren Teil der Küste, ein Drittel über die ganze Küste.

2. An der östlichen Hälfte der Küste waren die Stürme erheblich häufiger als an der westlichen.

3. Drei Viertel aller Stürme fielen auf die Wintermonate Oktober bis März. Diese beiden Grenzmonate waren die sturmreichsten.

4. Der mittleren Windrichtung nach traten an der westlichen Küste am häufigsten Stürme auf aus SW, W, NW, O; an der östlichen Küste aus W, SW, NW, N.

5. Von den schweren Stürmen an der ganzen Küste fielen acht Neuntel auf die Wintermonate. Die schwersten Stürme fanden in den Monaten Oktober, März und Dezember statt und hatten sämtlich westliche Richtung.“

Den nämlichen Gegenstand behandelt auch Dr. E. Herrmann[1]) auf Grund des gleichen Materiales, jedoch von etwas anderen Gesichtspunkten aus. Wegen der Einzelheiten des wertvollen, in Tabellen und Karten niedergelegten Materials muss auf das Original verwiesen werden.

Wind und Wetter in der Adria sind von R. v. Jedina dargestellt worden[2]). Das Adriatische Meer steht gleich den anderen Gebieten Europas unter dem Einflusse der vom Atlantischen Ozeane gegen Osten vordringenden Luftwirbel niederen oder hohen Druckes, und werden sowohl die Wind-, als auch die Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse in erster Linie hierdurch bestimmt.

Von tief eingreifender Wirkung sind in zahlreichen Fällen Nebendepressionen, welche sich zumeist an der Westküste Italiens selbständig zu entwickeln scheinen und dann entweder nach SO — Italien entlang — oder nach O und NO — die Adria durchquerend — sich zu bewegen pflegen.

Infolge dieser Cyklonen und Anticyklonen hat daher die Adria, ausser den bei normalen Luftdruckverhältnissen täglich auftretenden Land- und Seebrisen, cyklonale und anticyklonale Winde, von welchen erstere in dem südlichen und letztere in dem nördlichen Teile des Adriatischen Meeres überwiegen[3]).

Zu den cyklonalen Winden, die Sturmesstärke erreichen, gehört vor allem der Südost (Scirocco). An Häufigkeit reiht sich an denselben der Südwest, während aus Nebendepressionen hervorgegangene West-, Nordwest- und Nordostwinde von grösserer Heftigkeit nur äusserst selten, speziell in der Nordadria auftreten.

Durch Minima hervorgerufene Stürme umfassen daher den zweiten, dritten und nur in geringem Grade den vierten Quadranten, drehen in der angegebenen Reihenfolge und beginnen zumeist mit Südostwind.

Die anticyklonalen Winde umfassen im Winter und zur Zeit der Äquinoktien die unter dem Gesamtnamen Bora bezeichneten

---

[1]) Die stürmischen Winde an der deutschen Küste 1878—1887 im Archiv der deutschen Seewarte 1891. **14.**

[2]) Ann. der Hydrogr. 1891. p. 247.

[3]) Wie aus dem Studium der Stürme in der Adria ersehen werden kann, hat

Triest . . .	100 %	anticyklonale	und	0 %	cyklonale	Stürme
Fiume . . .	73 %	"	"	27 %	"	"
Pola . . .	65 %	"	"	35 %	"	"
Lussin . .	60 %	"	"	40 %	"	"
Lesina . .	11 %	"	"	89 %	"	"
Lissa . . .	27 %	"	"	73 %	"	"
Ragusa . .	45 %	"	"	55 %	"	"
Pta. d'Ostro	13 %	"	"	87 %	"	"

In Korfu herrschen die cyklonalen Stürme noch mehr vor.

Es ergiebt sich somit in der Adria, von NW nach SO gehend, eine Verminderung der von Anticyklonen hervorgerufenen und eine Vermehrung der durch Cyklonen verursachten Stürme.

kalten Fallwinde aus NNO bis O (zumeist ONO), und kommen selbige im Sommer gewöhnlich als Nordwest zur Geltung. In letzterer Richtung verstärkt er die normale Seebrise und erreicht dann mitunter Sturmesstärke[1]).

„Bei Südoststürmen steht das Barometer zumeist unter dem Normalstande (in Pola am Meeresniveau 760.9 *mm*); die tiefsten Notierungen wurden bei eintretendem Südwestwinde beobachtet. Bei Borastürmen wurden in Pola Barometerstände zwischen 747 und 770 *mm* abgelesen, und waren die tiefen Notierungen zumeist mit schweren Stürmen bei Mitwirkung von Nebendepressionen zu verzeichnen. Bei allen länger dauernden Stürmen, sowohl bei Bora wie bei Scirocco, verschwinden beim Eintritte der Sturmesstärke die täglichen Temperaturschwankungen, und erscheinen selbe erst wieder beim Beginne normalen Wetters. Der Temperaturunterschied zwischen Bora- und Sciroccotagen im Winter beträgt im mittleren Teile der Adria (Lesina) 6.5° C.

Um den weitgehenden Einfluss der Nebendepressionen zu ermessen, ist ins Auge zu fassen:

1. dass, wenn eine solche sich im Golfe von Genua befindet, in der ganzen Adria südöstliche Winde herrschen müssen,

2. bei der Lage des Teilminimums südlich der Strasse von Bonifazio (zwischen Korsika und Sardinien) in der nördlichen Adria nordöstliche, in der südlichen südöstliche Winde zu gewärtigen sind, endlich

3. bei Bahn derselben südlich von Otranto in der ganzen Adria nordöstliche und östliche Winde eintreten müssen.

Von den zahlreichen Bahnen dieser Depressionen durchqueren häufig drei die Adria:

a. Von Pesaro gegen Pola nach NO,
b. nordöstlich über Zara, und
c. östlich über Otranto gehend.

Aus dem Vorgesagten ergiebt sich der Umstand, dass man in der Gegend von Lissa und im Quarnero im Winter öfters plötzlich den Wind mit voller Heftigkeit von SO nach NO umspringen sieht Es dies eben ein Zeichen, dass man aus dem Bereiche eines Luftdruckzentrums in denjenigen eines anderen gelangt ist.

In der Mitte des Meeresbeckens sind die Stürme beinahe doppelt so häufig als an den Küsten des Festlandes; aus dem nachfolgenden Verzeichnisse ersieht man dieses aus der grossen Zahl der Stürme in Lissa, welche übrigens auch in Porer, dem Leuchtturme an der Südspitze Istriens, in gleicher Menge konstatiert wurde.

Beobachtungs-station	Sturmtage in 2 Jahren	N	NNO	NO	ONO	O	OSO	SO	SSO	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
Triest . . .	45	—	—	44	—	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Fiume . . .	25	1	1	13	3	1	—	—	2	4	—	—	—	—	—	—	—
Pola	43	—	—	1	5	22	1	8	3	—	—	2	—	—	1	—	—
Lussin . . .	39	—	17	3	1	—	—	15	2	—	—	1	—	—	—	—	—
Lesina . . .	44	—	—	—	3	—	12	13	9	2	4	—	—	—	—	1	—
Lissa	84	2	1	3	1	5	11	28	10	8	1	2	—	1	2	6	3
Ragusa . . .	42	1	—	8	8	1	2	12	4	3	—	3	—	—	—	—	—
Pta. d'Ostro .	46	—	—	6	—	—	—	13	8	12	3	1	1	1	—	1	—

[1]) Nur in äusserst seltenen Fällen entspringt in der Adria ein kalter trockener Südost einem im Süden Italiens passierenden Maximum. Des-

Diese Verteilung der Stürme basiert auf den Aufzeichnungen in den Jahren 1886 und 1887. Fasst man nach 8-jährigem Mittel die Dauer der Winde, sowie die nach dem Anemometer registrierte Kilometeranzahl für Pola zusammen, so ergiebt sich für

Pola die Dauer der Bora und der Nordwinde mit 140,
des Scirocco mit 110,
und die der westlichen Winde mit 55 Tagen im Jahre.

Die Windmenge nach zurückgelegter Kilometerzahl betrug:

	bei Bora und Nordwinden	bei Scirocco	bei westlichen Winden
für Pola . .	50 %	32 %	18 %
für Lesina .	47 %	29 %	23 %

der Gesamtzahl."

Der Scirocco weht, während im westlichen Mittelmeere, der Lage des Hauptdepressionsgebietes Europas und dem Buys Ballot'schen Gesetze entsprechend, westliche und südliche Winde vorherrschen, in der Adria, durch die Richtung der dieses Meer umsäumenden hohen Gebirgszüge bedingt, als Südostwind. Derselbe folgt zumeist der Lagerung der dinarischen Alpen und tritt daher im südlichsten Teile des Meeres mehr als Südsüdost auf.

„Dem Zuge dieses Windes über weite Seestrecken zufolge besitzt die von demselben mitgeführte Luft einen hohen Sättigungsgrad an Feuchtigkeit, und da der Wind südlicheren Gebieten entstammt, bringt derselbe auch höhere Temperaturen nach dem Norden. Das Barometer, im Vereine mit dem Wärme- und Feuchtigkeitsmesser, giebt daher beinahe ebenso rasch als die synoptische Karte untrügliche Kennzeichen seines Kommens, jedenfalls früher, als der Wind noch mit einiger Stärke eingesetzt hat. Bei seinem Beginne zeigt sich am Südhorizonte eine mistige Atmosphäre, ein nebliger Dunst; dann folgt beim Auffrischen des Windes ein niedriges, oft recht dunkeles, stets dichter werdendes Gewölk, welches sich an den Kuppen der Berge staut und das höher liegende Land vollständig den Blicken entzieht.

Sowohl im Winter als auch im Sommer ist der Südost meist von starkem Regen begleitet. In der kalten Jahreszeit mildern diese Niederschläge für kürzere oder längere Zeiträume die Kraft des Windes, ohne dass derselbe hierbei in grösserem Masse seine Richtung ändert; im Sommer dagegen zeigt ein starker Regen zumeist den Abschluss des Scirocco an. In jenen Wintern (in den sogenannten Sciroccojahren), wo eine Hauptdepression nach der anderen Europa durchwandert, wurden schon Südostwinde von dreiwöchentlicher Dauer verzeichnet. Die Windstärke ist dann sehr verschieden, periodenweise vom Sturme zu ganz leichten Brisen übergehend, und entwickelt sich dann eine lange, hohle und tiefgehende See. Der Himmel bleibt dann zumeist bedeckt, giebt dem Meere ein bleiartiges Aus-

---

gleichen geht nur ausnahmsweise die Bora aus Nebendepressionen, als Wind der Rückseite des Minimums, hervor und ist dann mitunter verhältnismässig warm. Letzteres gilt hauptsächlich in der Südadria.

sehen, die Luft ist andauernd sehr feucht, und der Wind spielt zeitweise nach S und SW. Die Feuchtigkeit, verbunden mit dem niederen Barometerstande bei cyklonalem Scirocco, ruft bei schwachnervigen Personen eine fühlbare Abspannung hervor.

Dem geringen Luftdrucke und der Stauung entsprechend ist das Niveau des Meeres sehr hoch und verursacht mitunter in den nördlichen Häfen der Adria ziemlich bedeutende Überschwemmungen.

Bei den Hauptdepressionen greift der Scirocco langsam von N nach S und erreicht, wie aus dem Studium der Stürme eruiert wurde, innerhalb 24 Stunden von Triest aus die Längenmitte der Adria. Ähnliche Verhältnisse werden durch die nördlichen Nebendepressionen, jedoch während bedeutend abgekürzter Zeiträume, geschaffen. Auch muss betreffs letzterer Minima bemerkt werden, dass selbe die Sturmgeschwindigkeit des Südostwindes erst in einem bedeutenden Abstande vom Zentrum hervorrufen.

Ausnahmsweise, am häufigsten noch im Frühjahre, entspringt der Scirocco einem im Süden der Adria passierenden Maximum. Die Luft ist dann kühl und trocken; der Wind beginnt gewöhnlich vormittags und lullt abends wieder ein.

Das Barometer behauptet dann infolge des nahen Luftdruckmaximums einen hohen Stand."

Zu den anticyklonalen Winden gehört die Bora. „Die mit diesem Namen umfassten Winde von NNO bis O haben in der Adria alle Kennzeichen der Luftströmungen, wie solche von einem Luftdruckmaximum ausgehen. Sie sind kalt, trocken, breiten sich in der Richtung des Windes direkt aus und bedürfen eines bedeutenden Gradienten, um die Sturmesgeschwindigkeit zu erlangen. Sie verlieren mit der Distanz ihre Kraft und verhalten sich in diesem Punkte und auch betreffs des Weiterschreitens gerade verkehrt zum Scirocco.

Von den mitunter sehr hohen und steilen Bergen des Nordost- und Nordgeländes des Meeresbeckens stürzt dieser Wind herab und äussert sich demgemäss mitunter mit orkanartiger Heftigkeit in plötzlich anrückenden Böen. Besonders im nördlichen Teile der Adria, wo das Küstenterrain Sättel und Langthäler aufweist, welche mit der Windrichtung übereinstimmen, entwickelt sich die Bora zeitweise zu aussergewöhnlicher Gewalt. Unweit dieser Ausbruchstellen der Bora giebt es oft in deren Nähe mehr oder weniger geschützte Küstenstriche, wo der Wind bedeutend ermässigt auftritt. So äussert sich längs der ganzen Westküste Istriens die Bora nur in mässiger Weise. Auch in Lee mancher Inseln Dalmatiens finden die Küstenfahrer relativ schwache Brisen, während sonst überall die Bora mit grosser Heftigkeit weht.

Bis gegen die Mitte der Adria zu ist dieser Wind, sobald er Sturmesstärke erreicht, oft mit kurzgewellten, verhältnismässig geringem Seegange, welcher von weissem Gischte gepeitscht erscheint, verbunden. Weiter westlich von der dalmatinischen Küste lässt ge-

wöhnlich die Stärke des Windes nach, und an der italienischen Küste geht infolge der Ablenkung durch den Appennin — da, wo derselbe näher am Meere liegt — die Bora häufig in Nord-, Nordwest- und auch Nordwestwind über. Dafür wird im W die See aus NO mitunter recht bedeutend fühlbar.

Weiter nördlich an der venetianischen Küste wird diese Ablenkung der Bora nach NW nicht wahrgenommen.

In der Nacht hört man bei leichter Brise oder Windstille das Tosen der äusserst schnell herannahenden Böen, und Segelschiffe müssen daher, besonders in den gefährlichen Teilen des Boragebietes, im Winter äusserst vorsichtig sein.

Bei sehr starkem Falle des Barometers (8 bis 10 *mm* in wenigen Stunden) und bei trockener kalter Luft ist im Winter ein Borasturm sicher zu gewärtigen.

In vielen Jahren (im Volksmunde als Borajahre bezeichnet), wo durch viele Wochen hindurch ein Maximum in Europa lagert — ja nach Russland kommend, daselbst wieder rückläufig wird — hat die Adria beinahe den ganzen Winter mit geringen Unterbrechungen Bora und dementsprechend auch viele Borastürme. Der Barometerstand bei leichter Bora, dem sogenannten Borin, ist gewöhnlich sehr hoch, bei Stürmen ist dagegen der Stand ein sehr verschiedener, steht jedoch zumeist über dem normalen. Infolge des hohen Barometerstandes steht das Meeresniveau bei diesem Winde, besonders bei längerer Dauer desselben, sehr tief. Leichte Bora gehört zu den angenehmsten und erfrischendsten Wetterarten.

Die Seeleute der Küste erkennen das Herankommen einer frischen Bora in erster Linie an den die Kuppe gewisser Wetterberge umhüllenden Wolkenschichten."

Land- und Seewinde in der Adria. „Vom April bis Oktober treten in der Adria Stürme nur selten auf und sind dann zumeist einem Minimum entspringend. Demzufolge herrscht die westliche Richtung bei denselben vor.

Beim normalen Sommerwetter zeigt das Barometer nur geringe Abweichungen vom Normalstande, und es treten dann im ganzen Gebiete der Adria regelmässige Land- und Seebrisen ein, bei welchen die täglichen Oscillationen der Temperatur und des Luftdruckes gleichmässig zum Ausdrucke gelangen. Diese Winde treten in manchen Wintern beinahe gar nicht auf und machen sich gewöhnlich erst nach Beendigung der Frühjahrsregen geltend. An der Ostküste springt die Nordostlandbrise bis längstens 9 bis 10 Uhr abends auf und dauert bis 6 bis 7 Uhr morgens, worauf 1 bis 2 Stunden später die Nordwestseebrise einsetzt und bis Sonnenuntergang andauert. An der Westküste weht die Landbrise als Südwest in der früher erwähnten Zeit und durchschnittlich bis auf 20 bis 25 Seemeilen von der Küste. Tagsüber herrscht dort der Südost als Seebrise, wird beiläufig um 4 Uhr nachmittags am stärksten und hält erst mit sinkender Nacht ein.

Die Landbrisen der Ostküste erstrecken sich weiter (oft 30 bis 40 Meilen) in See, und in der Mitte der Adria bleibt derart eine Region von Windstillen, die beiläufig 10 Seemeilen Breite hat und die Windscheide bildet.

In unmittelbarer Nähe des Landes sind die Landbrisen zumeist schwach und werden weiter seewärts frischer. Mitunter hat auch die italienische Küste den Nordwest als Tagwind, allein diese Fälle sind selten und stehen zumeist mit einer durch Nebendepressionen hervorgerufenen Wetteränderung in Verbindung.

An der albanesischen Küste findet man mitunter aus W wehende Seebrisen, und an dem südlichen Teile der italienischen Küste gehen dieselben Winde häufig in O über.

Im Sommer werden die grössten Temperaturabnahmen durch frisch einsetzenden Nordwest erzeugt und die höchste Wärme bei Ausbleiben desselben, verbunden mit dem Einsetzen leichter Ostbrise beobachtet.

Sowohl im Sommer als auch im Winter wird als schönstes Wetter jenes angenommen, wo das Maximum des europäischen Luftdruckes der Adria nahe ist, und die Gradienten sehr wenig steil sind. Die nördliche Adria hat dann im Winter trockenes, kaltes Wetter mit nur leichten Borabrisen und im Sommer einen mässigen, sehr erfrischenden Nordwest als Tagwind zu verzeichnen.“

Der Seewind an der Küste von Massachusetts und den angrenzenden Teilen von New-Hampshire. Auf Grund der im Sommer 1887 dort eingerichteten Station hat L. G. Schultz das Auftreten des Seewindes graphisch dargestellt, und Prof. Davis diese Beobachtungen diskutiert [1]). Ein die Ergebnisse auffassender Auszug findet sich in der Meteorologischen Zeitschrift [2]). Hiernach wehte der Seewind dort im Sommer 1887 an 30 Tagen; in einem normalen Sommer dürfte er noch häufiger sein. Seewind tritt an der amerikanischen Küste wie überall, besonders an klaren heissen Sommertagen bei Abwesenheit bedeutender atmosphärischer Störungen mit grossen Gradienten auf.

Ausserordentlich interessant und wertvoll sind die Beobachtungen über das Vordringen der Seebrise gegen das Innere des Landes hin. Wie überall, so macht sie sich auch hier zuerst auf dem Meere geltend und arbeitet sich erst allmählich bis zur Küste vor und gegen das Innere hin.

Die Küste erreicht sie in der Regel zwischen 8^h und 11^h vormittags mit einer Stärke von 16—24 *km* pro Stunde. Weiter dringt sie mit einer Geschwindigkeit von 5—13 *km* pro Stunde vor, später verlangsamt sich das Vordringen, bis es 16—32 *km* von der Küste, je nach der Örtlichkeit verschieden, überhaupt Halt macht. Am

---

[1]) Annals of the Astron. Observ. of Harvard College **21.** Part. II. p. 215 u ff.

[2]) Meteorol. Zeitschr. 1891. p. [13].

weitesten dringt der Seewind zwischen Boston und Cape Ann in das Land ein, wo das nordöstliche Streichen der Küste in Verbindung mit den vorherrschenden Südwestwinden des Sommers seine Entwickelung als Südostwind begünstigt; hier weht er auch am stetigsten. Südlich von Boston und nördlich von Cape Ann überwuchern ihn die Südwestwinde oft ganz oder doch am Vormittage, da er ihnen hier mehr oder minder genau entgegengesetzt ist.

Das Eintreffen der Seewinde ist oft so deutlich markiert, dass man den Moment auf eine Minute genau angeben kann.

Dieses allmähliche Vordringen der Seebrise ist auf zahlreichen Kärtchen der Abhandlung dargestellt. Zieht man die Linie, die in einer gegebenen Stunde das Gebiet des Seewindes von dem Gebiete anderer Winde im Inneren des Landes trennt, so liegt diese im Mittel aller Tage mit Seebrise an verschiedenen Stellen der Küste in nachfolgender Entfernung vom Meere:

	um 1 h	4 h
bei Lyon	**9.5** *km*	**17.5** *km*
bei Boston	**16** *km*	**22.5** *km*
bei Cohasset . . .	**16** *km*	**19** *km*

Sehr chararakteristisch ist es, dass die landwärts rasch abnehmende Windgeschwindigkeit der Brise immer weit bedeutender ist, als die Geschwindigkeit ihres Vordringens, das zwingt zu dem Schlusse, dass ein Aufsteigen der Luftmassen über dem Lande stattfinden muss. Hierauf muss man übrigens schon deswegen schliessen, weil gegen die Grenzzone der Seebrise oft Luft von entgegengesetzten Richtungen heranbewegt wird, die dann nur nach oben entweichen kann.

Die Zeit, während deren die Seebrise am Tage weht, nimmt von der Küste gegen das Innere rasch ab und reduziert sich an der Grenze ihres Vordringens mehrfach auf wenige Minuten.

Je weiter der Seewind landeinwärts vordringt, desto mehr verliert er von seiner kühlen Temperatur, da die untersten, der Beobachtung allein zugänglichen Luftschichten sich an der Erdoberfläche erwärmen; die oberen Schichten dürften dagegen wohl ihre niedrigere Temperatur behalten, denn nur dann lässt sich die Fortsetzung ihrer Bewegung erklären. Immer aber weist die Seebrise, auch wenn sie sich erwärmt hat, den Meeresduft auf. Dieses, wie die tägliche Periode der Windrichtung, gestatten, sie viel weiter landeinwärts zu verfolgen, als ihre abkühlende Wirkung reicht. An der Küste selbst ist die Abkühlung so bedeutend, dass z. B. das dem Seewinde sehr ausgesetzte Manchester (Mass.) bei Seewind zwei Temperaturmaxima aufweist, eines vor seinem Beginne und eines nach seinem Abflauen.

Ausführlich wird in der Einleitung durch Ward die Theorie der Land- und Seewinde erörtert und mit ihrer Hilfe eine Erklärung der beobachteten Verhältnisse gegeben.

Die landläufige Theorie führt die Entstehung des Seewindes auf die ungleiche Erwärmung von Wasser und Land zurück: über dem Lande Aufsteigen, in der Höhe Abfliessen vom Lande zum Meere, hierdurch Herausbildung eines Überdruckes auf dem Meere, der die Luft als Seewind gegen das Land hin treibt. Diese Theorie ist ohne Frage richtig, wenn es sich um die ausgebildete Zirkulation handelt. Sie erklärt aber nicht, wie es kommt, dass der Seewind zuerst auf dem Meere beginnt und erst allmählich dem Lande sich nähert und in dasselbe eindringt. Koeppen hat diese Erscheinung durch die Reibung der Luft an der rauhen Oberfläche des Landes zu erklären versucht, die erst allmählich überwunden werde. Davis führt jedoch aus, dass dieses für Neu-England bei dessen ausserordentlich ebenem Boden nicht genügen kann. Eine andere Erklärung hat Seemann gegeben.

Die starke und rasche Erwärmung der Luft über dem Lande in den Morgenstunden bedingt, so führt Seemann aus, eine allseitige Ausdehnung derselben, die sich nicht nur nach oben zu, sondern ebenso auch in der Richtung zum Meere geltend macht. Sie ist es, die ein Abfliessen der Luft vom Meere zum Lande eine Zeitlang aufzuhalten vermag, bis sich schliesslich die volle Zirkulation einstellt. Diese Erklärung wird von Davis in ihrem vollen Umfange acceptiert.

Die heissen Winde der Wüstengebiete sind Gegenstand einer Darstellung von J. Niemeyer, welcher das darüber vorhandene, sehr zerstreute Material mit grossem Fleisse gesammelt hat und unter gemeinsame Gesichtspunkte bringt[1]). Heisse Winde kommen in allen Wüstengebieten der Erde vor. Am Südwestrande der Sahara wehen in der trockenen Jahreszeit vom November bis März in Oberguinea und Senegambien östliche staubführende und äusserst trockene Winde, deren Einfluss noch auf den Kapverdischen und Kanarischen Inseln bemerkbar ist. Der in Madeira auftretende Leste, ein heisser Ostwind, welcher Mengen roten Staubes und Wolken einer in Nordafrika heimischen Heuschreckenart mit sich führt, stammt ebenfalls aus der Sahara.

Desgleichen sind die im Mittelmeergebiete auftretenden heissen Winde, in Marokko Sahel, in Algerien Scirocco oder Samum genannt und aus Südosten bis Südsüdosten wehend, auf den Mittelmeerinseln der Scirocco, an der Südostküste Spaniens der Leveche, echte staubführende Wüstenwinde mit hoher Temperatur und grosser Trockenheit.

Die Verbreitung der Staubfälle, deren Material aus der Sahara selbst stammt, reicht, wie Hann angiebt, weit über Norditalien bis zu den Alpenländern hin. Nach Partsch wehen auch in Griechenland zuweilen im Frühsommer südliche Glutwinde, welche in

---

[1]) Vergl. „Das Wetter" 1891. p. 204 u. ff.

Kephellenia und Ithaka den Namen Lampaditza führen; unter ihrem Wehen verdorrt alles Laub.

In Ägypten und im ganzen Nilthale weht im Frühjahre nicht selten der unter dem Namen Chamsin bekannte heisse Wind aus südwestlicher bis südöstlicher Richtung. Auch zu anderen Jahreszeiten kommen hier und an der Küste des Roten Meeres heisse Winde unter lokal verschiedenen Namen vor; in Mittel- und Obernubien heissen sie E'-Samum, „der Vergiftete“.

Arabien und die syrische Wüste sind ausgeprägteHerde heisser Winde; in Mekka wehen dieselben aus O, in Syrien aus SO, in Bagdad aus W, in Basra aus NW.

Die iranischen Wüsten und die Halbwüsten am Aralsee haben während des Sommers ausserordentlich heisse, fast absolut trockene Winde aus nördlicher Richtung, denen man sich nur mit Lebensgefahr längere Zeit hindurch aussetzen kann. Bis zur Wolga und dem Dnjepr dehnt sich das Gebiet dieser Wüstenwinde aus, welche nicht selten auch aus südlicher Richtung wehen.

Nordindien wird durch heisse Nordwestwinde im März, April und Mai oft schwer heimgesucht.

In Hochasien treten heisse Winde nur im Sommer auf und wehen meist aus westlicher Richtung. Neben denselben durchziehen Wirbelwinde mit Wolken salzigen, hoch erhitzten Staubes weite Landstriche.

Auch Nordamerika hat in seinen Wüsten- und Steppengebieten heisse Winde aufzuweisen, welche manchmal bis spät in die Nacht, gewöhnlich mit einer Temperatur von mehr als 40° C. andauern (Hann).

In Südamerika scheinen eigentliche Glutwinde im gewöhnlichen Sinne zu fehlen; die kühle Meeresströmung im Süden und das kalte Auftriebwasser an der Küste weiter im Norden, die vorherrschenden Seewinde und vor allem das Fehlen eines ausgedehnteren Wüstengebietes im Inneren mögen diesen Umstand erklären.

In Südafrika bildet die Kalahari eine ausgeprägte Ursprungsstätte heisser Winde. Sowohl an der Walfischbai, als auch besonders auf der Natalterrasse treten dieselben häufig vom Juli bis November auf; sie wehen zuweilen mit der Kraft eines Orkanes, aber unregelmässig in kurzen Stössen.

In den zentralen und östlichen Distrikten der Kapkolonie treten heisse Winde aus N auf, welche 2—3 Tage andauern; dieselben werden als so heiss geschildert, dass man ein ähnliches Gefühl verspürte, als ob man sich nahe bei einem grossen Feuer befände.

Das Innere Australiens bildet einen von heissen Luftschichten überlagerten „Wärmeherd“, aus welchem im Sommer die versengenden Glutwinde sturmartig hervorbrechen und zuweilen Perioden grosser Dürre verursachen. Ihr Verbreitungsgebiet umfasst den ganzen Umkreis des inneren Tieflandes und reicht im S bis nach Tasmania, im W und O bis an die Küste; landeinwärts von der Süd-

küste des Golfs von Carpentaria herrschen nach Hann trockene Wüstenwinde aus SW.

Nach Koeppen steigt bei einem Samum die Luft aus den oberen Luftschichten herab. „In den unteren Schichten der Atmosphäre dürfte, wenn der Samum bei Tage auftritt, vor demselben eine bedeutende Temperaturabnahme mit der Höhe bestehen wegen der Erhitzung des Wüstenbodens durch die Sonne, während in grösseren Höhen die vertikale Wärmeabnahme gleichzeitig sehr gering sein kann; hieraus würde sich der kalte Windstoss, der dem Samum zuweilen vorausgeht, erklären. Es liegt also über der erhitztesten Luftschicht, welche sich an der Erdoberfläche befindet, eine verhältnismässig kühlere, welche zuerst an die Erdoberfläche gelangt und dort die Empfindung eines kalten Luftstromes hervorbringt. Ihr folgen dann, in die einmal eröffnete Bahn der vertikalen Konvektion hineingezogen, die oberen Luftschichten, die infolge des Weges, den sie in vertikaler Richtung zurücklegen, dynamisch sich mehr erwärmen, und diese Hitze wird unten als eigentlicher Samum empfunden.“

Die Untersuchungen von Blanford und Hill über die heissen Nordwestwinde Ostindiens führten im wesentlichen zu ähnlichen Ergebnissen. Diese Winde treten am häufigsten und stärksten auf in solchen Zeiten, in welchen der Luftdruck über Nordindien fast gleichmässig verteilt ist, daher zu energischen Luftströmungen kein direkter Anlass vorliegt. Die vertikale Temperaturabnahme erreichte aber unter diesen Verhältnissen ihren höchsten Grad, so dass eine Störung des vertikalen Gleichgewichtes der Luftschichten eintreten musste; infolgedessen stürzen die oberen, westöstlich sich bewegenden Luftmassen herab und teilen den unteren ihre Richtung und Stärke der Bewegung, sowie ihre Trockenheit mit.

Ferrel dagegen erklärt die hohe Temperatur in einem Samum dadurch, dass die auf allen Seiten eines Wirbelwindes wehenden, einwärts gerichteten Winde die hohe Temperatur der untersten, vom Erdboden direkt erhitzten Luftmassen gewissermassen sammeln und zusammentreiben.

Beide Ansichten schliessen einander nicht aus und können neben einander bestehen; die genaue meteorologische Untersuchung des einzelnen Falles wird entscheiden müssen, auf welche von beiden Arten der einzelne Samum zu erklären ist.

Die Feuchtigkeit der Luft wurde in allen Fällen von heissen Wüstenwinden ausserordentlich gering befunden. Für den Harmattan wurden 31 % relativer Feuchtigkeit gefunden; der Leste zeigt unter 20 %, der Scirocco im Sommer 26 %, im Winter 38 %, in Alexandrien wurden 17 %, in Kairo 12—8 % beobachtet; in Syrien 27 %, in Iran 11 %, in Indien 5 %; Hill giebt an, dass dieselbe gelegentlich bis auf Null oder scheinbar noch darunter (?) herabgegangen sei. In Arizona kamen 22 % vor. Auf der Natalterrasse sank die relative Feuchtigkeit auf 25 %, an der Walfisch-

bai, deren Monatsmittel 76 % beträgt, auf 13 %, in Südaustralien auf 12 %, öfter noch tiefer.

Dass die Trockenheit der Luft bei solchen Gelegenheiten nur auf die unteren atmosphärischen Schichten beschränkt zu sein pflegt, geht aus den häufigen Beobachtungen von Mondhöfen hervor. Gelegentlich, wenn auch äusserst selten, wird ein Samum von massenhaftem, aber ganz kurz dauerndem Regen unterbrochen. Es kann nicht wunderbar erscheinen, dass bei einem in so exquisiter Weise auf dem Auf- und Abfluten von Luftmassen, welche sich in labilem Gleichgewichte befinden, beruhenden Vorgange gelegentlich die Kondensationsgrenze erreicht wird.

Einzig dürfte wohl der von Delaporte in Kairo am 21. April beobachtete Chamsin dastehen, bei welchem mittags eine Temperatur von 39° C., um 1^h p. aber eine solche von 6° beobachtet wurde; um 1^h 10 p. fiel Schnee zwei Minuten lang, worauf bei starkem Sturme Hagel von 1^h bis 5^h p. bis zu einer Höhe von 30 *cm* fiel. Währenddessen sank bei fortwährendem Donnerrollen die Temperatur auf 0°. Um 5^h p. m. begann die Temperatur plötzlich zu steigen und war um 6^h p. 27.5° C., worauf ein schwerer Platzregen erfolgte, welcher 300 Häuser zerstörte.

Die heissen Wüstenwinde der Sahara scheinen in jeder Jahreszeit auftreten zu können, bevorzugen jedoch den Frühling und Sommer.

In Marokko weht der heisse Wind durchschnittlich fünfmal im Jahre, in Sizilien rechnet man auf 12 Sciroccostürme, welche sich auf alle Monate verteilen. Der eigentliche Chamsin weht vornehmlich in einer Zeit von 50 Tagen, welche Ende April beginnt und Mitte Juni mit dem Steigen des Nilwassers endigt. Es ist jedoch nicht ausgeschlossen, dass er auch in anderen Monaten eintritt: Pirona hat nach 5-jährigen Beobachtungen konstatiert, dass von 102 Chamsintagen auf den September 7, auf September bis November 13, auf März bis Mai 68 fielen. Seine Häufigkeit schwankt zwischen 4—20 Tagen im Jahre.

Der Samum der Sahara ist in jedem Monate beobachtet worden. In Palästina sind Sommer und Herbst, in Syrien und Mesopotamien die Monate Mai bis September besonders für heisse Wüstenwinde disponiert; in Bagdad überwiegt der Juli und der August; in Maskat der Mai bis Mitte Juni; in Iran, den aralokaspischen Steppen und in Hochasien der Sommer, besonders Juli und August, in Indien die Zeit von März bis Mai, in Arizona der Sommer, in Natal der September, an der Walfischbai der Juni und Juli, in Australien die Zeit vom November bis zum Januar. Neben warmen Tagwinden, welche sich der Sonnenhöhe in ihrer Intensität anschliessen, kommen auch solche vor, welche sich nach Sonnenuntergang wieder verstärken und die ganze Nacht hindurch wehen.

Ebensowenig ist die Dauer der Wüstenwinde eine annähernd gleiche; sie schwankt zwischen 20 Minuten und einer ganzen Woche.

Die Richtung der heissen Winde in der Umgebung einer Wüste weist fast ausnahmslos auf die Wüste selbst als ihren Entstehungsherd hin. In der Wüste selbst kommen sehr verschiedene Richtungen vor; Rohlfs und andere sahen die oberen Wolken meist aus West ziehen.

Die Geschwindigkeit und Stärke des Windes ist selten gemessen worden; Rohlfs schätzte die erstere auf etwa 30 *m* p. sec., Fischer auf 28 *m* p. sec., die Stärke wird meist auf 7—10, in einzelnen Stössen auf 11 der Beaufortskala angegeben.

Die Staub- und Sandphänomene der Wüstenwinde spielen eine hervorragende Rolle in deren Erscheinungen. Schon bei völliger Windstille soll allein die Erhitzung und die dadurch hervorgerufene leichte Aufwärtsbewegung der untersten Luftschichten hinreichen, um die Staubteilchen vom Boden emporzuheben. Nun bilden sie gleichsam eine zweite, höher gehobene Erdoberfläche, welche teils durch ihre eigene Wärme, teils durch weitere Reflexion der Sonnenstrahlen die umliegenden Luftschichten erhitzt.

Die sonderbaren Farbeneffekte, von denen der Samum vielfach begleitet ist, hängen zum Teile von der Bodenart ab, aus welcher der Staub stammt, anderseits kommt auch die Richtung der auffallenden Sonnenstrahlen dabei in Frage. In Egypten und Nubien soll die gelbe Farbe vorherrschen, in Sizilien die rote, in Massaua die dunkelrostbraune. Die Auslöschung des Sonnen- oder Tageslichtes überhaupt hängt von der Dichtigkeit der gehobenen Staubmassen ab: in Bagdad wurde zum höchsten Schrecken aller Einwohner durch eine Staubwolke der Tag in Nacht verwandelt. Pirona schätzte die bei einem Chamsin in Alexandria gehobene Staubmenge auf viele tausend Tonnen. Der mitgeführte Staub macht die Bewegungserscheinungen der Luft sichtbar. Man unterscheidet die geschlossen heranziehende hohe Wand, welche wie ein wandelnder himmelhoher Vorhang erscheint, ferner die scheinbare Verengerung des Horizontes, welche Davis auf eine ungewöhnliche Refraktion zurückführt, und eine wellenförmige Bewegung, bei welcher die Luftschichten sich heben und senken wie Meereswogen. Eine fernere Form bilden die in einzelnen Wirbeln abgesonderten Sandsäulen, welche über den Erdboden mit einem Durchmesser von 50—60 *m* hinrasen. Duveyrier schildert eine einzige Sandtrombe, welche sich aus der Ferne mit Donnerschlägen und durch Sinken des Barometers ankündigte und zugleich das Thermometer auf 43° trieb.

Elektrische Erscheinungen werden bei den Wüstenwinden sehr häufig beobachtet, häufig werden auch feuerartige Lichterscheinungen erwähnt. Der intensiven Reibung der stark bewegten Sandkörner schreibt man deren Entstehung hauptsächlich zu. Elektrische Entladungen stellen sich häufig gegen Ende des Chamsin ein.

Die Einwirkungen auf Menschen und Tiere sind oft in übertriebener, phantastischer Weise geschildert worden. Die vom Sturme gepeitschten Sandmassen zerschneiden die Haut, erfüllen Augen,

Nase und Ohren, dringen überall — auch in die Taschenuhren — ein; die ausserordentliche Trockenheit der Luft bewirkt ernstere Störungen in dem Organismus durch intensive Wasserentziehung in den Respirationsorganen. Um die Austrocknung der Schleimhäute zu verringern, ist das Bedürfnis nach reichlichem Getränke sehr gesteigert; Rohlfs erzählt, dass er in 24 Stunden etwa 12 Liter Wasser getrunken habe. Es ist daher wohl erklärlich, dass Todesfälle bei Wassermangel nicht selten sind. Eine von den Eingeborenen dem Samum zugeschriebene spezifische Giftigkeit der Luft existiert jedoch ohne Zweifel nicht. Die Vegetation leidet unter den Wüstenstürmen stets sehr erheblich, was wiederum in erster Linie durch die Trockenheit der Luft bedingt erscheint. Die Erntehoffnungen eines Jahres können mit einem Schlage durch heisse Winde zu nichte werden."

Die Windgeschwindigkeit in verschiedenen Höhen ist von Prof. Pomortzeff durch Diskussion der Ergebnisse von 40 Ballonfahrten untersucht worden[1]). Es ergab sich, dass die Windstärke mit der Höhe sehr viel mehr zunimmt bei den Cyklonen, als bei den Anticyklonen, doch bei den ersteren mehr bei höherem Barometerstande, und folglich am meisten die Stärke unten bei dem mittleren Luftdrucke von 760 *mm* im Meeresniveau übertrifft; ihre Extreme sind dabei 0.90 und 4.51 gewesen, immer diejenige unten = 1 gesetzt. Als allgemeines, merkwürdiges Resultat folgt aber, wenn man die Beobachtungen verschiedener Ballonfahrten kombiniert, wie es Pomortzeff thut, dass sowohl bei Cyklonen als Anticyklonen die Windgeschwindigkeit nur bis zu einer verhältnismässig unbedeutenden Höhe wächst und hierauf wieder abnimmt; die Kurven sehen also wie unregelmässige Parabeln aus, mit einem steil aufsteigenden und einem sanft absteigenden Aste. Nur bei „geradlinigen Isobaren" und im westlichen Teile der Kämme hohen Druckes soll die Windstärke mit der Höhe unbeschränkt zunehmen, und zwar bei den ersteren sehr langsam, bei den letzteren ungemein schnell. Die Kurve für die Keile hohen Luftdruckes mit dem Maximum im Westen zeigt dagegen wieder eine parabelförmige Gestalt. Doch giebt Verfasser selber zu, dass für diese beiden Gruppen das Material noch zu dürftig zu einer endgiltigen Entscheidung sei.

Dabei tritt diese „Windstärke-Umkehr" bei den Cyklonen schon in 600—900 *m* Höhe, bei den Anticyklonen in 1100—1600 *m* ein. In einem Falle trat bei dem niedrigen Barometerstande von 742 *mm* schon in 300 *m* eine Abnahme der Windgeschwindigkeit ein, und zwar sogar gegen diejenige auf der Erdoberfläche.

Die Cyklonenbahnen im Südindischen Ozeane sind in einem grossen Kartenwerke dargestellt, welches von Meldrum publiziert wurde[2]). Es enthält die Cyklonenbahnen, die in den

[1]) Referat von A. Berson in der Zeitschr. für Luftschiffahrt 1892. p. 99 u. ff

[2]) Cyklone Tracks in the South Indian Ocean from information compiled by Dr. Meldrum London 1891.

Jahren 1848—1885 nachgewiesen werden konnten. Die Cyklonen selbst werden von Meldrum in fortschreitende und stehende unterschieden, und folgende Tabelle zeigt das Auftreten und die Verteilung derselben auf die einzelnen Monate des Jahres.

	Zahl d. Cyklonen	Fortschreitend	Stillstehend
Oktober	5	40 %	60 %
November	25	48 %	52 %
Dezember	33	70 %	30 %
Januar	71	73 %	27 %
Februar	61	90 %	10 %
März	59	68 %	32 %
April	50	52 %	48 %
Mai	19	42 %	58 %
Juni	3	33 %	67 %
Juli	2	50 %	50 %

Die Monate August und September waren während der obigen Jahre cyklonenfrei.

Die Aufheiterung in der zentralen Kalme der Cyklonen, das sogen. „Auge des Sturmes“, ist von Sidney Ballou untersucht worden[1]). Die Erscheinung charakterisiert sich durch raschen Übergang von Sturm und Regen zu ziemlich ruhigem, zuweilen von Windstössen unterbrochenem Wetter bei aufklarendem Himmel und wild durcheinander laufender See. Sie findet sich fast nur in tropischen Stürmen, die äusserste Grenze ihres Auftretens ist nach Ballou's Material ca. 40° nördl. Br.

Aus 55 Beobachtungen folgt für die Dauer der zentralen Kalme 10 bis 300 Minuten, für den Durchmesser 1.5 bis 52 *km*. Da die Höhe der Cyklonen sicherlich 9 *km* nicht übersteigt, so besitzt das sturmfreie Gebiet im Zentrum die Gestalt eines sehr flachen Cylinders. Zur Erklärung der Erscheinung stellt Ballou folgende Hypothese auf: „Die Winde erreichen das Zentrum nicht, da mit zunehmender Windgeschwindigkeit die ablenkende Kraft der Erdrotation wächst und die Luft durch Konvektionsströmungen aufwärts und auswärts getrieben wird. Wir haben daher Windstille im Zentrum. „Die Winde müssen nun vermöge der Reibung danach streben, die ihnen benachbarte ruhige Luft in den Wirbel hineinzuziehen. Möglicherweise dehnt sich auch die Luft im Grenzgebiete durch Zentrifugalkraft aus. Auf jeden Fall würde am äusseren Rande der Kalme eine Verringerung der Luftmenge stattfinden, für welche durch Herabsinken von Luft über dem ganzen Gebiete Ersatz geschaffen werden muss. Ein solches Absteigen dürfte genügen, um die Wolkendecke zu zerstreuen und blauen Himmel zu zeigen.“

---

[1]) Americ. Meteorol. Journ. 9. p. 67. 121.

19. Elektrische Erscheinungen der Erdatmosphäre.

Blitzschläge in Deutschland 1876—1891. Kassner hat[1]) seine diesmaligen statistischen Untersuchungen über ganz Deutschland (mit geringfügigen Ausnahmen) ausgedehnt und die 16 Jahre umfassende Periode von 1876—1891 berücksichtigt. Innerhalb dieser Grenzen sind nicht weniger als 31468 Blitzschläge in Gebäude registriert worden. Dabei ergiebt sich, dass in der zweiten Hälfte dieser 16 Jahre die Zahl der Blitzschläge sich um 72 % vermehrt hat. In den ersten 8 Jahren wurde durchschnittlich jährlich je 1 von 6090 Gebäuden vom Blitze getroffen, in den letzten 8 Jahren je 1 von 3870. Es betrugen für 4-jährige Perioden die Blitzschlagszahlen

	1876/79	1880/83	1884/87	1888/91
Süddeutschland	951	1172	1558	2236
Mitteldeutschland	2413	3061	5203	5547
Norddeutschland	1631	2003	2872	2821

Hiernach hat also nur in dem letzten 4-jährigen Zeitraume für Norddeutschland eine geringe Abnahme stattgefunden. Es entfiel ein Blitzschlag jährlich in

	1876/83	1884/91
Süddeutschland	auf 10630,	auf 6410 Gebäude,
Mitteldeutschland	„ 5860,	„ 3340 „
Norddeutschland	„ 4050,	„ 3190 „

Die gesamten Blitzschläge sind zu 37.2 % zündende, zu 62.8 % nicht zündende. Die Zunahme der zündenden und kalten Blitzschläge auf dem Lande ist bezw. 56 % und 100 %, in den Städten 47 % und 84 %. Zündende Blitzschläge sind in Norddeutschland zahlreicher als in Süd- und Mitteldeutschland. Die Vermehrung derselben ist gleichfalls in Norddeutschland grösser, während in Süd- und Mitteldeutschland eine grössere Vermehrung der kalten Blitzschläge stattgefunden hat.

Mit bezug auf die zeitliche Verteilung der Blitzschläge ist folgendes hervorzuheben. Auf den Juli fällt fast ein Drittel der Blitzschläge (10075), dann folgen Juni (8098), Mai (5507), August (4971), September (1498), April (800), Oktober (270), März (159), November (43), Januar (24), Februar (16) und Dezember (16). Mit gleichzeitiger Berücksichtigung der örtlichen Verteilung zeigt Süddeutschland ein Maximum im Juni und im Verhältnisse zu Mitteldeutschland ein stärkeres Hervortreten im September. In Mitteldeutschland tritt der Mai stärker hervor. In Norddeutschland sind September und Oktober verhältnismässig blitzschlagreicher als in Süd- und Mitteldeutschland. Hessen-Nassau und die Rheinprovinz schliessen sich hierbei mehr Süddeutschland an; Thüringen, Sachsen

[1]) Über Blitzschläge in Deutschland während der Jahre 1876—1891. Merseburg 1892.

und Schlesien weisen verhältnismässig hohe Zahlen im April, West- und Ostpreussen kleine Zahlen im September auf.

Die Zahl der Blitzschlagstage ist von einer 8-jährigen Periode zur anderen um 15 % gestiegen. In den 4-jährigen Perioden haben sich dieselben in ganz Deutschland von 461 auf 470, 478, 547 vermehrt. Die Gewitter sind daher nicht nur zahlreicher, sondern auch blitzschlagreicher geworden.

Nach Tagesstunden ergiebt sich für 23570 Blitzschläge folgende Verteilung:

4— 6	a.	313	Blitzschläge
6—12	„	316	„
12— 6	p.	2079	„
6—10	„	1329	„
10— 4	„	543	„

Die Gewitter und Hagelfälle in Süddeutschland während des Jahres 1891. Auf Grund der Mitteilungen aus dem in Bayern, Württemberg, Baden und Hohenzollern organisierten Gewitterbeobachtungsnetze hat C. Tillmann das Gewitterverhalten 1891 untersucht[1]. „Bezüglich des allgemeinen Charakters der Gewitter des Jahres 1891 lässt sich eine allmähliche, aber stetige Änderung erkennen. Wenngleich die Gewitterzüge mit geringer Frontentwickelung, die „eratischen Gewitter“, auch diesmal ausserordentlich häufig auftraten, so war dennoch eine etwas stärkere Neigung zur Bildung von Gewittern mit grösserer Front vorhanden als 1890; allerdings stehen diese „Frontgewitter“ immer noch im Hintergrunde. Auch insofern ist ein Übergang zu früheren Verhältnissen erkennbar, als die einzelnen Gewittermeldungen nicht mehr ein so mühsam zu entwirrendes Durcheinander bildeten, als während der vorhergehenden 4 Jahre; vielmehr liessen sich die Isobronten, begünstigt durch das entschiedene Zurücktreten der Ostgewitter, ungezwungen und mit weniger Schwierigkeit als in den Vorjahren zeichnen.

Nachfolgende Zusammenstellung giebt ein deutliches Bild von der im Laufe mehrerer Jahre stattgehabten Veränderung im Charakter der Gewitter.

1879: Grosse Frontentwickelung, kartographisch leicht darzustellen und zu verfolgen.

1880: Geringere Frontentwickelung charakteristisch.

1881: Entstehungsherde vieler Gewitter im Lande selbst nachweisbar, weitere Entwickelung gut verfolgbar.

1882: Verschiedene sehr ausgedehnte und charakteristisch entwickelte Gewitter.

1883: Grosse, in zusammenhängenden Linien weite Strecken zurücklegende Gewitter. Unzahl einzelner Herde.

1884: Wie 1883.

---

[1]) Lang und Erk, Beobachtungen der meteorol. Stationen im Königreiche Bayern 13. 1891.

1885: Ausgedehntere und grosse Strecken zurücklegende Gewitter häufig; bedeutende Frontentwickelung.

1886: Gleichzeitiges Auftreten vieler Gewitter bei geringer Frontentwickelung.

1887: Grosse Front äusserst selten, zahlreiche kleinere Gewitterzüge.

1888: Wie 1887; vermehrte Anzahl kleiner Züge, verworrenes Gepräge.

1889: Wie 1888; diese Thatsache noch schärfer ausgesprochen und noch mehr kleine Gewitterzüge.

1890: Kleinere Gewitterzüge treten etwas zurück, sporadisches Auftreten grösserer, leicht erkennbarer Gewitterzüge.

1891: Erratische Gewitter nehmen ab, Frontgewitter treten etwas mehr hervor. Isobronten leichter konstruierbar.

Aus obigem geht hervor, dass wir es mit dem Alternieren zweier total verschiedener Typen von Gewitterzügen, der „Frontgewitter" und der „erratischen Gewitter", welche sich zunächst durch ihre Ausdehnung in die Breite unterscheiden, zu thun haben. Der erstere Typus war zu Beginn des vorigen Dezenniums vorherrschend, der andere in dessen zweiter Hälfte, während die Jahre 1883—1885 mit dem verstärkten Auftreten von Gewitterherden eine Übergangsstufe darstellten. Während der beiden letzten Jahre ist dagegen eine deutliche, wenn auch ganz langsame Rückkehr zu den Verhältnissen vor 1886 ausgesprochen.

Diese Änderung des Charakters der Gewitter spiegelt sich genau wieder im säkularen Verlaufe derjenigen elektrischen Entladungen, welche nur unter Lichtentwickelung vor sich gegangen sind, vorausgesetzt, dass man sie in passende Beziehung zu den zugehörigen Gewittermeldungen bringt."

Was die Hagelfälle anbelangt, so lässt die kartographische Darstellung zwar im allgemeinen ersehen, dass ein Gebiet grösster Hagelhäufigkeit ungefähr einem Maximalgebiete der Gewitterhäufigkeit entspricht, und dass der Westen und der Osten Süddeutschlands Minima der Hagelfälle besitzt, allein in dem Bilde ist noch zu sehr der Einfluss besonders hervorragender Hageltage erkennbar. Auch macht sich bei den Meldungen der Kgl. Brandversicherungskammer die geographische Verteilung der gegen Hagelschlag versicherten Gemeinden empfindlich bemerkbar.

„Obgleich schon mehrfach an Einzelfällen nachgewiesen wurde, dass der Wald, entgegen dem landläufigen Glauben, keinerlei Schutz gegen Hagelgefahr bietet, und dies auch die (214) Meldungen der Forstbehörden für 1891 darthun, wurde es, um ausgiebigeres Material zu gewinnen, dennoch versucht, dieser Frage auf anderem Wege näherzutreten.

Zu diesem Zwecke wurde die Beantwortung der dritten Frage auf den von den Gemeindebehörden auszufüllenden Hagelbögen ins Auge gefasst. Diese Frage lautet: „Liegen die verhagelten Grund-

stücke in der Nähe von Waldungen u. s. w.?" In Bayern war diese Frage 1891 in 760 Fällen von 1258 dahin beantwortet worden, dass in 60 % dieser Fälle das verhagelte Grundstück in der Nähe von Waldungen lag. Demnach hat 1891 der Wald in Bayern einen Schutz gegen Hagelschlag nicht abgegeben. Hieraus darf nun nicht ohne weiteres geschlossen werden, dass der Wald den Hagelfall gar begünstigt habe, indem einerseits der Begriff der „Nähe von Waldungen" und die Grösse derselben nicht näher definiert ist, anderseits das Material eines einzigen Jahres nicht genügt, die Frage zu entscheiden. Es ist sehr wohl denkbar, dass der Wald hier zweierlei Rollen spielen kann, je nach der Lage der Grundstücke zu demselben. Zieht z. B. ein Hagelgewitter in west-östlicher Richtung, wie dies meist der Fall ist, über eine Gegend, so könnte ein im Westen der letzteren liegender grösserer Waldkomplex die elektrische und dynamische Intensität des Gewitters durch Spitzenwirkung oder weitere Ursachen, z. B. etwa durch einen absteigenden Luftstrom, vermindern; also vielleicht der ostwärts des Waldes gelegenen Gegend eine gewisse Immunität verleihen. Liegt hingegen der Wald im Osten des betreffenden Bezirkes, so würden die gedachten Wirkungen wegfallen.

Dem Verfasser erschien es ferner interessant, zu wissen, wie sich das stets mit einem Hagelfalle verbundene Gewitter am Orte der Beobachtung selbst verhielt, d. h. ob es über den Beobachtungspunkt selbst hinwegzog, oder ob es als in grösserer oder geringerer Entfernung vorüberziehend bezeichnet wurde. Hierüber entscheidet die Beantwortung der betreffenden Frage auf den Gewitterpostkarten. Bei 437 von den 448 Meldungen in Bayern ist diese Frage 1891 beantwortet gewesen, und es zeigte sich, dass in 87 % dieser Fälle das den Hagel bringende Gewitter über den verhagelten Ort direkt hinweggezogen war. Ob wir es bei den übrigen 13 % etwa mit schwachen Ausläufern eines Hagelstreifens oder mit sporadischen, wenig intensiven Hagelschlägen zu thun haben, müsste eine spezielle Untersuchung, namentlich von Einzelfällen, ergeben.

Wenn man nun berücksichtigt, dass das Hagelgewitter wenigstens nach den Ergebnissen des an der meteorologischen Zentralstation vorliegenden Materials meist von geringer Frontausdehnung gewesen ist, so geht aus obigem hervor, dass 1891 fast stets der Hagelfall an das Zentrum des Gewitterluftwirbels gebunden war und an den Rändern desselben weit seltener auftrat, d. h. dass der vertikal aufsteigende Luftstrom im Bereiche seiner grössten Intensität die Hagelbildung förderte."

Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Gewitter in Süddeutschland hat C. Lang untersucht[1]). „Das Gesamtmittel der Fortpflanzungsgeschwindigkeit war noch ein geringes (30.4 *km* per Stunde), und kleinere und einander vielfach kreuzende oder über-

---

[1]) a. a. O. p. 17.

holende Gewitterzüge waren auch 1891 noch häufig, aber wie schon im Vorjahre ist die Anzahl jener Gewitterzüge, die sich auf mehr als zwei der von uns angenommenen Zonen erstreckt haben, keine ganz geringe, und ist darunter sogar wieder einer, dessen Front sich über ganz Süddeutschland ausgedehnt hat.

Die Anzahl der Gewittermeldungen überhaupt im ganzen und auf die einzelne Station ausgeschlagen, sowie auch die Zahl der von den Gewitterstationen eingelaufenen Hagelmeldungen weist auch im Jahre 1891 einen entschiedenen Rückgang auf, — also lauter Anhaltspunkte, die für die Rückkehr zu den für frühere Jahre konstatierten Verhältnissen sprechen.

Der jährliche Gang der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Gewitter ist in nachstehender kleinen Tabelle niedergelegt:

Monat	Summe der Geschwindigkeiten *km*	Zahl der Gewitterzüge	Mittlere Geschwindigkeit *km*
Januar . .	—	—	—
Februar . .	—	—	—
März . . .	55.3	1	55.3
April . . .	267.2	11	24.3
Mai . . .	4581.7	162	28.3
Juni . . .	5950.6	201	29.6
Juli . . .	6277.5	201	31.2
August . .	2798.0	84	33.3
September .	971.6	31	31.3
Oktober . .	80.4	3	26.8
November .	76.0	2	38.0
Dezember .	126.7	2	63.4
Jahr . . .	21185.0	698	30.4

„Die Jahresperiode unseres Elementes war eine annähernd regelmässige: in den kühleren Monaten grössere, in den wärmeren geringere Geschwindigkeit. Die Frühsommermonate weisen in regelrechter Art die geringste Geschwindigkeit auf, wobei jedoch April und Mai ihre gewöhnliche Rolle vertauscht haben. Die Zugsgeschwindigkeit im September und besonders im Oktober war eine verhältnismässig geringe. Freilich hatte der September, zumal in seiner ersten Hälfte, so hohe Temperaturen, dass er noch vollständig als Sommermonat zu zählen war, und auch die Temperaturen des Oktober waren nennenswert zu hoch. In dem letzteren Monate sind es übrigens nur drei auf zwei Tage verteilte Gewitterzüge gewesen, was natürlich eine zu schwache Grundlage ist, um hieraus irgendwelche Schlüsse oder Begründungen für sein abweichendes Verhalten gewinnen zu wollen.“

Die Gewitterzüge des Jahres 1888 in Russland sind von Schönrock untersucht worden[1]). Es wurden im ganzen 197

[1]) Repert. f. Meteorologie **13.** No. 11. St. Petersburg 1890.

Gewitterbahnen geprüft, wovon die grösste Zahl (75) auf den Juli, das Minimum (2) auf den März fällt. Die mittlere Dauer der Züge ist in der kälteren Jahreszeit etwas geringer als in der wärmeren: März, April, September und Oktober 4.6^h, Mai bis August 5.3^h. Die mittlere Wegstrecke eines Zuges bleibt sich ungefähr gleich; die Geschwindigkeit der Bewegung ist daher in den kühlen Monaten grösser als in den warmen, nämlich 51.5 *km* pro Stunde gegen 44.9 *km*. Die Geschwindigkeit schwankte zwischen 20 und 80 *km* pro Stunde; die wahre mittlere Geschwindigkeit war 45.6 *km*; sie ist grösser als die in Westeuropa gefundene, wohl infolge des Mangels an Bodenunebenheiten.

Die tägliche Periode der Geschwindigkeit ist sehr deutlich ausgesprochen. Rechnet man die mittlere Geschwindigkeit eines Gewitterzuges dem mittleren Zeitpunkte des Gewitters zu, so fällt das Minimum der Geschwindigkeit auf 2^h a. (27.8 *km*), das Maximum auf 9^h p. (51.9 *km*). Dieses Ergebnis weicht wesentlich von dem für Bayern gefundenen ab, wo das Maximum auf die Mitternachts-, das Minimum auf die Mittagsstunden fällt.

Am raschesten ziehen die Gewitter aus dem westlichen Quadranten. Die Gewitter aus N, O oder S ziehen mit 38.8 *km* pro Stunde, die aus SW, W und NW mit 45.1 *km*.

Die Geschwindigkeit ist nicht in allen Teilen Russlands gleich. Sie nimmt von Westen nach Osten bis 32.5^0 östl. L. v. Gr. (Dnjeprlinie) zu, dann ab bis 42.5^0, um gegen die Wolga hin wieder zu wachsen. Das gilt von 46^0 bis 60^0 Breite. Doch ist die Amplitude dieser Schwankung gering. Ein Einfluss der Breite zeigt sich nicht sehr klar; doch scheint die Geschwindigkeit nach Norden abzunehmen.

Die Häufigkeit der Gewitter hat, wenn man sie nach ihrem mittleren Zeitpunkte ordnet, ein scharfes Maximum zwischen 5^h und 6^h p., also später als in Westeuropa, ferner ein kleines Maximum um 4^h a. und ein ebensolches um 9^h p. Eine andere Periode hat die Häufigkeit der Entstehung der Gewitterzüge. In der kühleren Jahreszeit entstehen die meisten Gewitterzüge zwischen 3^h p. und 4^h p., im Mai zwischen 12^h a. und 1^h p., im Juni 9^h a. bis 10^h a., im Juli wieder später zwischen 12^h a. und 1^h p. und im August zwischen 2^h p. und 3^h p. Das weist darauf hin, dass das Entstehen der Gewitterzüge nicht allein an den täglichen Gang der Temperatur gebunden ist.

Auf einer Karte hat der Verfasser durch Pfeile den Zug des Mittelpunktes der einzelnen Gewitterzüge dargestellt. Hierbei zeigt sich, dass das am meisten frequentierte Gebiet innerhalb eines Streifens liegt, der von der Linie Nikolajew-Kischinew sich bis Kostroma hinzieht. Besonders reich an Gewitterzügen sind diejenigen Gebiete, in welchen die Fortpflanzungsgeschwindigkeit (siehe oben) eine Steigerung erfährt. Die Karte zeigt ferner, dass die mittlere Zugrichtung von der Breite abhängig ist: nördlich von 51^0 nördlicher

Breite ist sie S 63° W, südlich von 51° nördlicher Breite aber rein West. — Auffallend ist der Mangel an Gewitterzügen im ganzen westlichen Gebiete.

Ordnet man die Gewitterzüge nach ihrem Entstehungsorte, so zeigt es sich, dass 33 % aller Gewitter zwischen 35° und 40° östl. L. entstehen, und dass von hier nach Westen und nach Osten die Zahl der Gewitterzüge in allen Breiten abnimmt. Die Mehrzahl (23 %) aller Gewitter entsteht zwischen 50° und 52° Breite: doch fällt das Gebiet grösster Häufigkeit der Anfänge im Westen etwas südlicher (48—50°), im Osten etwas nördlicher (52—54°)[1]).

Über säkulare Perioden der Hagel- und Blitzgefahr. Eine Untersuchung von Bühler über die Hagelschädigungen in Württemberg während der sechs Jahrzehnte von 1828 bis 1887[2]) bietet durch das reiche und infolge der sich gleich bleibenden Art der Erhebungen sehr homogene Material besonderes Interesse. Bei dieser Statistik wurden indessen nur die Hagelschläge berücksichtigt, welche wirklichen Schaden angerichtet haben, so dass zunächst nicht meteorologische Gesichtspunkte massgebend waren. Indessen gewinnt auch die Meteorologie aus dem statistischen Materiale, welches Bühler zusammengetragen hat. Letzterer kommt zu dem Ergebnisse, dass „längere Perioden von vorherrschend wenigen Hageltagen nicht erkennbar sind; zwei, drei, höchstens vier Jahre nach einander steht die Zahl über oder unter dem 60-jährigen Durchschnitte." Ferner habe „die Zahl der Hageltage oder die Hagelhäufigkeit im Laufe der letzten sechzig Jahre nicht zu-, sondern abgenommen." Dieses Resultat, als das unmittelbare Ergebnis der Statistik, hat zweifellos ein grosses Gewicht. Dr. C. Lang in München findet indessen bei einer anderen Gruppierung der Ziffern ein wesentlich verschiedenes Ergebnis[3]). Derselbe sagt: „Allerdings lassen die direkten Zahlen eine Periodizität nicht unmittelbar erkennen; wenn man dagegen die für die einzelnen Jahrgänge erhaltenen Werte abrundet durch die Formel $\frac{a+2b+c}{4}$ = Ordinate von b, so stellt sich alsbald die grösste Ähnlichkeit des Verlaufes der verheerenden Hagelschläge in Württemberg und jenes der zündenden, oder richtiger gesagt, verheerenden Blitze in Bayern[4]), also auch ein mehr oder minder ausgesprochener Zusammenhang mit der kleineren, d. h. elfjährigen Periode der Sonnenfleckenhäufigkeit heraus:

---

[1]) Meteorologische Zeitschrift 1891. Mai p. [40].

[2]) Württemb. Jahrbuch f. Statistik und Landeskunde 1888. **1.** 3. Heft. Stuttgart 1890.

[3]) Meteorolog. Zeitschrift 1891 1. Heft. p. 6 u. ff.

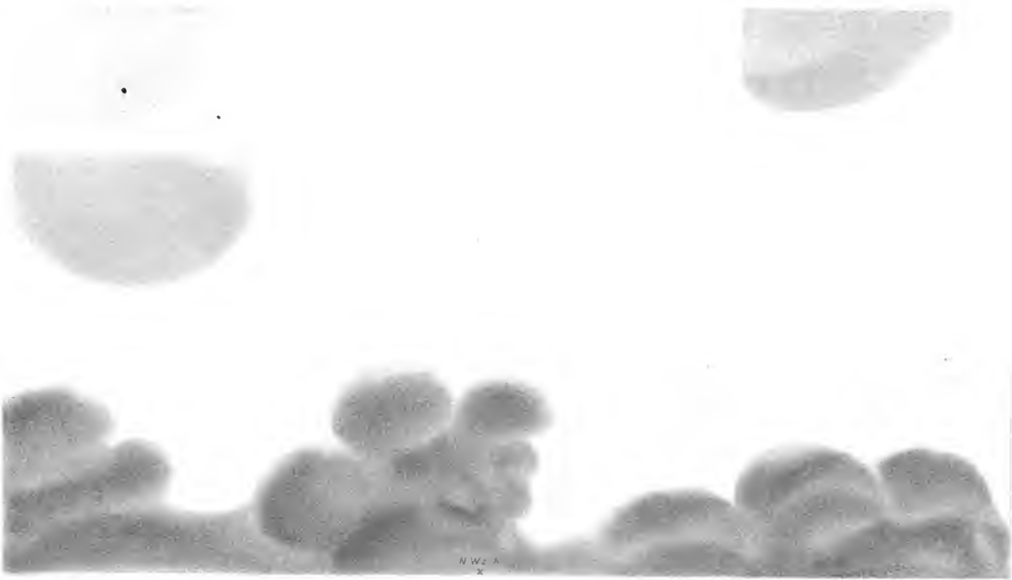
[4]) v. Bezold. „Über zündende Blitze in Bayern d. d Rheines während des Zeitraumes 1833 — 1882." Abh. d k. b. Akad. d. W. II. Kl., **15.** 1 Abt., durch direkte Mitteilungen der k. b. Brandversicherungskammer zeitlich noch weitergeführt.

				Hagel					
Jahr	Sonnenfl.	Jahr	zünd. Bl.	Jahr	Tage	Jahr	Gemeinden	Jahr	Fläche
1837	Maximum	1836	Minimum	1836	Minimum	1836	Minimum	1836	Minimum
48	"	49	"	49	"	49	"	50	"
60	"	60	"	60	"	60	"	58	"
70	"	70	"	70	"	70	"	70	"
83	"	83	"	88	"	86 (?)	"	86 (?)	"

Maxima der Sonnenflecken fallen also mit geringer Häufigkeit verheerender Blitz- und Hagelschläge zusammen.

Der Parallelismus des Verlaufes jener kosmischen Erscheinung mit jenem der verheerenden Begleiter der Gewitter ist indessen kein ganz vollständiger. Es verschieben sich die Kurven der unter sich nahezu parallelen Blitz- und Hagelschläge gegen jene der Sonnenflecken, und auf die Minima der letzteren treffen nicht immer Maxima der Blitz- und Hagelschläge. — Dies wird indessen, auch wenn man an einem Kausalnexus beider unbedingt festhalten will, nicht gerade Wunder nehmen, da sich der zeitliche Gang der Blitz- und Hagelschläge an jenen der Gewitter überhaupt, welcher von dem Wechsel der Jahreszeiten im grossen und ganzen abhängt, anschliesst, wogegen die Sonnenfleckenperiode durch das Erdenjahr nicht kommensurabel ist. Wenn also auch ein Einfluss der Sonnenflecken auf die Verhältnisse der Gewitter mit grösserer Sicherheit, als sie gegenwärtig betont werden kann, festzustellen wäre, so würde wohl trotzdem ein Verschieben der Kurven gegeneinander zu erwarten sein, weil bei der als gewiss feststehenden Herrschaft der Jahreszeiten auf die elektrischen Erscheinungen, z. B. ein auf den Winter fallendes Sonnenfleckenminimum sich anders als ein sommerliches äussern wird.“

Letztere Meinung ist übrigens unzutreffend, insofern ein Sonnenfleckenminimum nicht so prägnant aufzutreten pflegt, dass man bezüglich seiner Wirkung auf meteorologische Erscheinungen von winterlichen oder sommerlichen Sonnenfleckenminimis sprechen dürfte. Übrigens bemerkt Dr. Lang, dass die Übereinstimmung des zeitlichen Verlaufes der Blitz- und Hagelschläge unter sich und mit dem zeitlichen Verlaufe der 11-jährigen Sonnenfleckenperiode von den achtziger Jahren ab eine mangelhafte ist und, „während von 1883 an die Blitzschläge (in Bayern) mit abnehmender Häufigkeit der Sonnenflecken in regelrechter Weise anwachsen, nimmt die Häufigkeit und Ausdehnung der verheerenden Hagelschläge (in Württemberg) noch bis zum Jahre 1886 und vielleicht darüber hinaus ab. Dass die Blitz- und Hagelschläge neben der bereits besagten ausgesprocheneren Säkularperiode noch eine sekundäre mit Minimis z. B. 1854—1855, 1865—1866 u. s. f. aufweisen, sei hier nur angedeutet, dagegen möge betont sein, dass sich bei Zusammenfassung längerer Zeiträume beim Hagelschlage noch eine vieljährige Periode herausstellt, welche von derjenigen der Blitzschläge (in Bayern) und jener der Sonnenfleckenhäufigkeit abweicht. Bildet man nämlich für sämtliche hier



Klein, Jahrbuch III. Lith. Anst. v. F. A. Funke Leipzig. Tafel IV.

Nordlicht, nach der Natur gezeichnet von Dr. Dorst 1869 20. März.

besprochene Elemente fünfjährige Mittel, 1831 mit 35, 1836 mit 40 u. s. f., und rundet diese nach der bekannten Formel ab, so ergiebt sich von dem Quinquennium 1836—1840 bis 1881—1885 (und darüber hinaus bis zur Gegenwart) mit nur mässigen Schwankungen deutlich erkennbar eine fortgesetzte Abnahme der Sonnenfleckenhäufigkeit, sowie ein dem oben Gesagten vollkommen entsprechendes fast fortgesetztes Ansteigen der Blitzgefahr, wogegen die Gefährdung durch Hagel von 1846—1855, sowie von 1866 bis 1875 Maxima, und in den zwischenliegenden Jahren Minima aufweist.

Der eben geschilderte zeitliche Verlauf der verheerenden Hagelschläge würde aber, soweit ein Zeitraum von 60 Jahren für derartige Fragen bereits Genüge leistet, nahezu übereinstimmen mit den von Brückner veröffentlichten säkularen Schwankungen, wonach z. B. die Temperatur (Europas) in dem Quinquennium 1846—1850 und 1866—1870, also in der ersten Hälfte vorgenannter Perioden eintretende Hebungen aufweist.

Diese Thatsache würde es dann auch als wahrscheinlich gestalten, dass die Hagelschläge in noch höherem Masse als die Blitzgefahr die Begleiter der sogenannten Wärmegewitter sind. Es wäre allerdings gewagt, hierauf allein fussend diese Folgerung jetzt schon in bestimmterer Form auszusprechen, einerseits weil Brückner die Frage noch offen lassen muss, ob die einzelnen Hebungen seiner Temperaturkurve durch hohe Sommertemperaturen oder durch milde Winter oder aber durch das Zusammenwirken beider hervorgerufen sind, anderseits für derartige Fragen, bei ausschliesslich statistischer Behandlung selbst ein sechzigjähriges Material noch nicht ausreicht, wenn auch der Verlauf der Temperatur- und Hagelkurve von 1841—1845 bis 1876—1880 ein wohlübereinstimmender ist. Durch die an der bayrischen Zentralstation bethätigten kartographischen Darstellungen hingegen, welche jedoch nur bis 1879 zurückgreifen, findet das eben Gesagte auch seine Bestätigung, da die Gewitter Süddeutschlands im Jahre 1883—1884, welche am meisten cyklonalen Charakter hatten, für Bayern die geringsten, die Gewitter der Jahre 1888 und 1889, welche das Fortpflanzungsverhalten der Wärmegewitter aufwiesen, die ausgedehntesten Hagelschläge zur Folge hatten. Letzteres steht scheinbar im Widerspruche mit Bühler's Materiale. Allein dieses umfasst nur die verheerenden Hagelschläge, also nicht auch jene der Übergangszeiten, und dürfte schon wegen der bestehenden jahreszeitlichen Verlagerung der Hagelfälle, d. h. wegen des in den einzelnen Jahrgängen etwas verschiedenen jährlichen Verlaufes des vorliegenden Elementes auch der säkulare Gang der verheerenden Hagelschläge und der Hagelschläge überhaupt durchweg etwas verschieden ausfallen. Für den letzten Teil der Beobachtungsreihe lässt sich diese Behauptung mit ziemlicher Schärfe nachweisen, indem die verheerenden Hagelschläge in Württemberg ein Maximum um 1882 zeigen, und dann von da an bis 1886 abnehmen, wo-

gegen die Hagelfälle überhaupt in Bayern ihr Maximum schon vor 1881 hatten, bis 1884 abnahmen, um dann rasch bis 1888 anzusteigen.“

Bühler leitet aus seinem Materiale auch den jährlichen Gang der verheerenden Hagelschläge in Württemberg ab, doch ist dieser natürlich von der jährlichen Verteilung der Hagelschläge überhaupt verschieden. In welchem Grade dieses der Fall, darüber belehrt die folgende von C. Lang gegebene Zusammenstellung für die mit den Bühler'schen Tabellen übereinstimmenden Jahre 1880—1887:

Bayern. Zahl der Hagelmeldungen von den meteor. Stationen

	Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Sa.
Summe	6	7	23	172	619	508	625	211	99	59	41	8	2378
Mittel	0.8	0.9	2.9	21.5	77.4	63.5	78.1	26.4	12.4	7.4	5.1	1.8	297.3
In %	0.3	0.3	1.0	7.2	26.0	21.4	26.3	8.9	4.2	2.5	1.7	0.3	100.1

Württemberg (Bühler, Zahl der Hageltage).

	Jan.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Sa.
Summe	—	—	—	—	10	25	40	18	3	—	—	—	96
Mittel	—	—	—	—	1.3	3.1	5.0	2.2	0.4	—	—	—	12.0
In %	—	—	—	—	18.0	25.8	41.7	18.3	3.3	—	—	—	99.9

„Man erkennt,“ bemerkt Lang, „aus diesen beiden Zusammenstellungen ganz deutlich, dass das Hereinziehen der Frage nach dem Schaden, also die Berücksichtigung nur der verheerenden Hagelfälle die Jahresperiode des Elementes wesentlich umgestaltet, so dass, ganz abgesehen von dem vollständigen Verschwinden der Hagelfälle in der kühleren Jahreszeit, auch das dem Hauptmaximum (Juli) sehr naheliegende sekundäre (Mai) ganz in Wegfall kommt, wogegen die im Durchschnitte nicht sehr zahlreichen Hagelfälle des August an den noch nicht eingeernteten, aber gerade wertvolleren Landesprodukten, Obst, Wein, Tabak u. s. w., noch recht erhebiichen Schaden anrichten, selbst wenn die Intensität des Hagels eine ziemlich geringe gewesen sein sollte.

Aus diesem an sich schon recht wahrscheinlichen und oben ziffermässig festgestellten Grunde der verschiedenen Jahresperiode erkennt man auch, wie bedenklich es in vieler Beziehung ist, eine wenn auch noch so vieljährige, stabile und sorgfältig geführte Hagelschadenstatistik ohne weiteres in klimatologischer Richtung ausbeuten zu wollen.“

Was die Ausdehnung der Hagelfälle betrifft, so findet Bühler, dass in 70.5 % aller Fälle höchstens 5 Gemeinden zugleich betroffen wurden, in 11.4 % 6—10 Gemeinden, in 5.7 % 11—15 Gemeinden, in 3 % 16—20, in 9.4 % 21—144 Gemeinden, wobei die beschädigten Gemarkungen meist mehr an einander liegen. Der lokale Charakter der Hagelschläge geht aus dieser Statistik mit Sicherheit hevor. Ein Einfluss des Waldes auf die Hagelschläge lässt sich nicht erkennen.

Blitzschläge in Bäume. In den Fürstlich Lippeschen Oberförstereien sind auch 1891 Beobachtungen über Blitzschläge

in Bäume angestellt worden. Es wurden im ganzen 40 Blitzschläge in ebenso viele Bäume festgestellt, darunter 25 in Eichen und nur 2 in Buchen. Es bestätigt sich hier wieder, was auch anderwärts festgestellt worden, dass die Eiche ein höchst blitzgefährlicher Baum ist. Die meisten Blitzschläge erfolgten im Juli. Sämtliche Stämme bis auf einen waren gesund. Bei 11 Bäumen traf der Blitz zuerst die Spitze, bei 14 trockene Äste, bei 11 den Stamm und bei 4 grüne Äste. In 34 Fällen fuhr der Blitz längs des Stammes herab, in einem Falle spaltete er den Baum in zwei Teile, in 3 Fällen glitt er ohne Beschädigung am Baume herab, in keinem Falle sprang er auf einen Nachbarstamm über. Abgesehen von 6 zersplitterten Stämmen konnte 31. mal festgestellt werden, dass der Blitz den Längsfasern des Baumes gefolgt war, in 3 Fällen lief er mehr oder weniger spiralig um den Stamm. Von einzelstehenden Bäumen wurden 5, von Randbäumen 6, von licht stehenden 8, von geschlossen stehenden 21 getroffen, die bei weitem meisten davon waren über 10 *m* hoch, nur zweimal traf der Blitz Bäume von geringerer Höhe. Im ganzen sind seit 1874 in den Fürstlich Lippeschen Forsten 578 Bäume vom Blitze getroffen worden, davon die grösste Anzahl (81) im Jahre 1884, die geringste (4) 1883.

Blitzschläge an Bord von Schiffen auf See. Kapitän Dinklage hat eine Zusammenstellung der in 11 Jahren (1879—1889) in Segelschiffen vorgekommenen Blitzschläge geliefert[1]). Die Zahl der Fälle ist 14, und da in derselben Zeit durchschnittlich jährlich 180 Schiffe Aufzeichnungen an die deutsche Seewarte einlieferten, so ergiebt sich, dass im Mittel im Laufe eines Jahres von 140 Schiffen eines Blitzschaden erlitt. „Die Blitzgefahr ist diesem zufolge nicht gross. In den meisten Fällen war der angerichtete Schaden auch nur unbedeutend. Der Blitz lief vom Topp an den Bram- oder Oberbrampardunen oder an den Vorstagen hinunter und fuhr dann an der Aussenseite des Schiffes ins Wasser. Beschädigung entstand nur an den Stellen, wo die Leitung unterbrochen war, so z. B. an der Reling zwischen dem unteren Ende der Eisendrahtpardun und den Rüsteisen, wenn der Blitz von dem einen zum anderen Leiter übersprang, oder an den oberen hölzernen Raaen, wenn der Blitz vom Topp am Eisendrahttoppnant nach der Raanock hinauslief.

Weitaus am häufigsten wurde der Vortopp getroffen, nämlich achtmal, dagegen der Grosstopp nur dreimal und der Besanstopp einmal; einmal Vor- und Grosstopp zugleich. Einmal fuhr der Blitz zwischen Gross- und Besanstopp nieder. Ob diese Vorliebe des Blitzes für den Vortopp als eine auf Naturgesetz sich gründende Regel zu gelten hat oder sich hier nur durch Zufall ergiebt, muss bei der geringen Anzahl der hier in Betracht kommenden Fälle unentschieden bleiben. Von einem durch den Blitz entstandenen Brandschaden ist in den Berichten nirgends die Rede. Es ist nun freilich

[1]) Ann. der Hydrographie 1891. p. 30—32.

die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, dass unter den verschollenen Schiffen sich eines oder das andere befunden haben mag, das infolge eines durch Blitzzündung verursachten Feuers untergegangen ist. Wahrscheinlich ist dies indessen nicht, denn es ist doch nicht wohl anzunehmen, dass alle derartigen Unfälle mit dem Verluste der ganzen Schiffsmannschaft verbunden gewesen sein sollten. Wohl aber ist die Annahme gerechtfertigt, dass in früherer Zeit, bevor als stehendes Gut der Takelung allgemein Eisendrahttauwerk verwendet wurde, die Beschädigungen der Schiffe durch Blitzschlag durchweg schwerer waren. Vielleicht liesse sich der Schutz, den das Drahttauwerk den Schiffen gewährt, selbst beim Fehlen eines eigentlichen Blitzableiters, dadurch zu einem vollständigen machen, dass man an den Oberbrampardunen oberhalb der Jungfern und an dem Voroberbramstag unterhalb des Klüverbaums durch Verspliessung Enden von Drahttau anbrächte und diese bei eintretendem Gewitter zu Wasser liesse.

Was die geographische Örtlichkeit der berichteten Blitzschläge anbetrifft, so fanden dieselben

in 4 Fällen in der Äquatorialzone des Atlantischen Ozeans,
„ 4 „ „ den Ostasiatischen Gewässern,
„ 2 „ im Golfstrome und
in je 1 Falle „ Englischen Kanale, bei den Azoren, an der Südostküste Afrikas und in den höheren Breiten des Indischen Ozeans

statt. Die Gegenden des häufigsten Vorkommens sind unter den von Segelschiffen am meisten befahrenen Gewässern zugleich die der grössten Gewitterhäufigkeit."

Elektrische Erscheinungen in der Sahara. Rohlfs macht darauf aufmerksam, dass gewisse merkwürdige Erscheinungen der Elektrizität in der Sahara genauerer Beobachtung wert sind, als ihnen bis jetzt zu teil wurde[1]). Der englische Kapitän Lyon, welcher zuerst auf die elektrischen Erscheinungen in der Sahara aufmerksam gemacht hat, sowie Henri Duveyrier, berichten über die Entladung elektrischer Funken in den Hemden und Kleidern, sowie aus den Schwänzen der Pferde, wenn sie damit Fliegen verjagen, und Nachtigall beobachtete das Erscheinen von knisternden Funken beim Streicheln eines Hundes. Die Trockenheit der Luft begünstigt ausserordentlich die Elektrizitätserzeugung. Man findet nach Rohlfs, namentlich nach einem heftigen Samum, dass alle Gegenstände mit Elektrizität geladen sind. Auf der Reise nach Kufra befand sich der Forscher am 14. Februar 1879 in Sokna. Sein Begleiter Dr. Stecker hatte mit seinem Diener einen Ausflug nach dem benachbarten Orte gemacht. Es herrschte starker Samum, so dass Stecker und sein Gehilfe nur mit Mühe das Zelt aufrecht erhalten konnten. Die Elektrizitätsanhäufung war so bedeutend, dass die

[1]) Zeitschr. f. wissensch. Geographie 8. Heft 5.

fast einen Dezimeter langen Haare Stecker's wie Borsten zu Berge standen, und sein Diener ihm mehrere Zentimeter lange Funken aus dem Körper lockte, ja, dass Stecker an der dem Sandsturme ausgesetzten Wand des Zeltes durch Darüberstreichen mit dem Finger feurige Schriftzüge hervorbrachte. Während des Sturmes befanden sich Rohlfs und sein Diener in ihrer Wohnung in Sokna; der feine Staub durchdrang alles, obschon die beiden unmittelbar wenig vom Sturme bemerkten, da die Wohnung fest eingekeilt zwischen anderen Häusern lag. In der Nacht konnten sie nicht eine Minute schlafen; ebenso erging es den meisten eingeborenen Dienern. Rohlfs bringt diese Schlaflosigkeit mit der Elektrizität in Verbindung; er habe häufig genug unter den Tropen, auch in nicht wüstenhafter Gegend, die Beobachtung gemacht, dass Schlaflosigkeit fast immer in Begleitung von heftigen Tornados oder Gewittern auftritt.

St. Elmsfeuer-Beobachtungen haben Elster und Geitel auf dem hohen Sonnblick angestellt [1]). Es war früher durch H. v. Obermayer eine systematische Beobachtung von Elmsfeuern gefordert worden, um den ursächlichen Zusammenhang zwischen Elmsfeuern und den atmosphärischen Niederschlägen klarzustellen. Die von ihm empfohlene Methode, das Zeichen der ausströmenden Elektrizität aus der Form der Büschel zu bestimmen, lässt im Stiche, wenn Elmsfeuer am Tage auftreten. „Wir benutzten deshalb," berichtet der Beobachter, „zur Zeichenbestimmung ein Bohnenberger'sches Elektroskop. Stellte sich das charakteristische Rauschen an den Blitzableitern und der Fahnenstange des Stationsgebäudes ein, so wurde ein etwa 20 *cm* breiter, kreisrunder Elektrophordeckel so in das geöffnete Fensterchen unseres Beobachtungsraumes hineingehalten, dass seine Vorderfläche mit der Ebene des Fensters abschloss. Alsdann wurde er einen Moment zur Erde abgeleitet und nun mit dem Knopfe des Bohnenberger'schen Elektroskopes in Berührung gebracht. Bei diesem Verfahren besitzt der in das Zimmer hineingeführte Elektrophordeckel stets eine der ausströmenden Elektrizität gleichnamige Ladung. Hielt man während lebhaften Elmsfeuers den Deckel etwa auf Armeslänge zum Fenster hinaus, berührte ableitend und nahm ihn dann in das Zimmer zurück, so liessen sich ihm Fünkchen von 2—3 *mm* Länge entziehen.

Elmsfeuer, sowohl positive wie negative, von zum Teile stundenlanger Dauer, wurden in den Nachmittags- und Abendstunden des 16., 18. und 20. Juli 1891 beobachtet, während meistens gleichzeitig im Thale Gewitter niedergingen.

Am schönsten war die Erscheinung ausgebildet am 18. Juli. Bald nach 7^h p. stellte sich lebhaftes Nebeltreiben ein, währenddessen das vorher noch positive Potentialgefälle auf Null herabsank. Um $8^1/_2{}^h$ p. trat Schneetreiben auf, indem zugleich das Potentialgefälle negative Werte annahm. Bald darauf entwickelte sich leb-

[1]) Meteorol. Zeitschrift 1891. p. 331.

haftes positives Elmsfeuer, das nach einem heftigen Blitze von bläulicher Farbe sein Zeichen wechselte, um bald darauf wieder in positives überzugehen. Das Elmsfeuer wurde bis gegen 11^h p. beobachtet; wahrscheinlich hat es die ganze Nacht gedauert, da die sonstige elektrische Thätigkeit erst ca. 5^h a. erlosch."

Am 20. Juli führten die Beobachter nach der oben angegebenen Methode eine systematische Zeichenbestimmung der ausströmenden Elektrizität während des durchaus gewitterigen Nachmittages durch. Am Morgen des 20. Juli herrschte positives Potentialgefälle, das während des spärlichen Schneefalles langsam auf Null herunterging und von 1^h p. bis 3^h p. auf diesem Werte beharrte. Erst 3^h 45^m zeigte sich die Luftelektrizität plötzlich stark positiv, während zugleich negatives Elmsfeuer einsetzte, das ohne Unterbrechung bis 4^h 40^m andauerte. Von 3$^3/_4$ bis 7$^1/_4{}^h$ fielen reichliche Mengen staubigen Schnees. Um 4^h 45^m wechselte die Luftelektrizität und mit ihr das Elmsfeuer das Zeichen; 5^h 20^m wurde ein abermaliger Zeichenwechsel notiert, so dass also von 5^h 20^m bis 5^h 40^m wieder negatives Elmsfeuer herrschte, das 5^h 41^m erlosch, um 5^h 42^m wieder als positives aufzutreten. Dann blieb es positiv bis 6^h 30^m, verschwand dann auf fünf Minuten, um 6^h 35^m als negatives wieder zu erscheinen. Letzteres erlosch 7^h 15^m, in welchem Zeitpunkte die elektrische Thätigkeit für diesen Tag ihr Ende fand.

In der Zeit von 3$^3/_4$ bis 7$^1/_4{}^h$ ist also zweimal positives, dreimal negatives Elmsfeuer beobachtet worden.

„Nach den Berichten über das Auftreten derselben Gewitter in Kolm-Saigurn scheint es, dass der eigentliche Herd der Elektrizitätsentwickelung unter der Sonnblicksspitze gelegen hat; die Blitzentladungen waren im allgemeinen seltener und von geringerer Intensität als in der Fussstation. Schon durch Trabert ist die Wahrnehmung des Beobachters Peter Lechner bestätigt, dass nach bläulichem Blitze negatives, nach rötlichem positives Elmsfeuer eintritt. Auch während der Gewitter, die wir oben beobachteten, konnten wir dies Zusammentreffen konstatieren. Dabei hatten wir den Eindruck, dass diese Blitze die Felsen des Nordabsturzes trafen. Es würde sich demnach ein merkwürdiger Unterschied in der Farbe der Blitze ergeben, je nachdem der Erdboden die Anode oder Kathode der elektrischen Entladung bildet."

Ein merkwürdiges St. Elmsfeuer wird von K. Prohaska beschrieben[1]). Dasselbe wurde am 30. Mai 1892 zu Kainach in Steiermark gesehen. „In den Abendstunden des 30. Mai traten in Kärnten und Steiermark zahlreiche lokale Gewitter auf, die mit dem herrschenden Wolkenzuge sich langsam von S nach N bewegten. 8 p. stand eines derselben im Westen des Kainachthales (ca. 27 *km* westnordwestlich von Graz). Dem darauf bezüglichen Berichte des Gewitterbeobachters in Kainach, des Herrn Lehrers F. Borovsky,

---

1) Meteorol. Zeitschrift 1892. p. 431.

entnehme ich das Folgende. Im Westen der Station befand sich schweres Gewölk, das sich allmählich etwas lichtete und in zwei grosse Wolkenmassen teilte. Von 8.02 p. ab wieder elektrische Entladungen (es war bereits ein Gewitter vorausgegangen); in der Zeit von 8.15 bis 8.35 p. hatten beinahe alle Blitze die Richtung von S nach N, sie gingen von der südlichen Wolke aus und teilten sich in drei bis ca. 8 Strahlen. Auf jeden dieser Blitze folgte in der Regel ein kurzes phosphoreszierendes Aufleuchten in der südlichen Wolke. Während dieser Zeit zeigte sich im Westen der Station, in der Entfernung von etwa 1 *km*, eine schöne Naturerscheinung. Vom Erdboden stieg ein grosses bläuliches Feuer auf, das dem Leuchten eines modernden Baumstrunkes glich, jedoch immer schwächer wurde, aber doch erst nach einer Stunde verschwand. 8.30 p. bemerkte man etwas hinter diesem ein Elmsfeuer von rötlicher Farbe, auch dieses blieb eine halbe Stunde lang sichtbar, leuchtete einige Male wie eine feurige Garbe zum Himmel auf, wobei jedesmal ein starker Donner erfolgte. Das rote Feuer war schmäler, etwa 1 *m* breit, aber intensiver, das blaue breiter, jedoch lichtschwächer. Auch das rote Feuer scheint vom Erdboden aufgestiegen zu sein. 9 p. verschwand es, während das blaue noch bis $9^1/_4$ p. sichtbar blieb. Weitere Augenzeugen dieser merkwürdigen Erscheinung waren Kaplan Ignaz Rauch, der sie zuerst bemerkt hatte, und Pfarrer F. Hochegger. Kaplan Rauch versuchte, die Flammen mit einem Fernrohre zu beobachten, es entstand jedoch kein Bild. — Das Gewitter dauerte darauf an der Station noch längere Zeit fort; von 9.15 bis 9.35 p. rollte der Donner fast ununterbrochen, die Schläge waren zahlreich, aber nicht besonders heftig. In der Station selbst fielen nur 9.10 p. auf kurze Zeit grosse Regentropfen. — In der ca. 22 *km* westnordwestlich von Kainach gelegenen Station sah der Gewitterbeobachter dasselbe Gewitter auf der Ostseite stehen und bemerkte in horizontaler Richtung ausfahrende Kugelblitze.

Neue Untersuchungen zur Thermodynamik der Atmosphäre in Beziehung zur Gewitterbildung hat Prof. v. Bezold angestellt [1]).

Seit den letzten Veröffentlichungen seiner Untersuchungen über Wolken- und Nebelbildung hat derselbe diese Studien fortgesetzt und legte in der Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin die erhaltenen ferneren Resultate vor.

Schon damals hat er bemerkt, dass er es für sehr wahrscheinlich halte, dass solche Übersättigungen, deren Möglichkeit durch Laboratoriumsversuche nachgewiesen ist, auch in der freien Atmosphäre vorkommen, und dass sie wohl die Ursache der Wolkenbrüche sein dürften. Es schien ihm jedoch damals notwendig, sich auf eine blosse Andeutung zu beschränken, da er nicht im stande war, für die Richtigkeit dieser Vermutung irgendwelchen Beweis beizubringen.

Inzwischen wurde ihm klar, dass es noch einen anderen labilen Zustand

---

1) Sitzungsber. d. Preuss. Ak. d. Wiss. 1892. **20.** p. 279 u ff.

des in der Atmosphäre enthaltenen Wassers gebe, dessen plötzliche Auslösung ähnliche Erscheinungen im Gefolge haben müsse wie jene der Übersättigung, die „Überkaltung". Überkaltete Nebel und Wolken hat man aber schon häufig beobachtet. v. Bezold erinnert in dieser Hinsicht nur an die Untersuchungen, welche Assmann auf dem Brocken ausgeführt hat, sowie an die Ergebnisse der hochinteressanten Ballonfahrt, welche die Herren Premierleutnant Moedebeck und Leutnant Gross am 19. Juni 1889 von Berlin aus unternommen haben.

Durch die eben angeführten Beobachtungen ist unzweifelhaft dargethan, dass auch bei Temperaturen unterhalb des Gefrierpunktes, ja sogar weit unterhalb desselben, Wolken vorkommen, die keine Eispartikelchen enthalten, sondern reine Wasserwolken sind, aus denen sich jedoch bei Berührung mit festen Körpern sofort Eis von jener eigentümlichen Beschaffenheit ausscheidet, wie man es beim Glatteis beobachtet, und wie es zur Entstehung des sogenannten Anraums Veranlassung giebt. Versucht man aber, sich davon Rechenschaft zu geben, in welcher Weise das plötzliche Aufhören der Überkaltung oder auch der Übersättigung sich äussern muss, so findet man, dass es eine Erscheinung im Gefolge haben muss, die man schon längst als eine regelmässige Begleiterin der Gewitter kennt, nämlich ein plötzliches Steigen des Luftdruckes. Dabei muss dieses Steigen mit darauffolgendem minder bedeutendem Sinken genau jene Eigentümlichkeiten an sich tragen, wie sie sich in den während eines Gewitters gewonnenen Barogrammen in der sogenannten Gewitternase aussprechen. Zugleich aber gelangt man bei der genaueren Verfolgung der Frage zu Anschauungen über die Konstitution der Gewitterwolke und über die in derselben sich abspielenden Vorgänge, welche geeignet scheinen, auf die ganze Lehre von der Gewitterbildung ein neues Licht zu werfen.

Um jedoch diesen Fragen näher treten zu können, ist es vor allem notwendig, die Folgen einer plötzlichen Auslösung der Übersättigung oder Überkaltung vom rein theoretischen Standpunkte aus genauer zu untersuchen.

Diese theoretische Untersuchung führt Prof. v. Bezold nun zunächst durch und zeigt, dass sowohl Übersättigung der Luft mit Wasserdampf als Überkaltung bereits kondensierten Wassers bei plötzlicher Auslösung dieser Zustände eine rasche Steigerung des Luftdruckes im Gefolge haben müssen, die im allgemeinen nur von kurzer Dauer sein wird, sofern nicht besondere (später zu erwähnende) Umstände den Rückgang des Druckes vermindern und einen eigentlichen Sprung, eine sogenannte Druckstufe an die Stelle der Druckschwankung treten lassen.

Solche Druckschwankungen und Druckstufen bilden aber beinahe regelmässige Begleiter der Gewittererscheinungen, und es wird dementsprechend nur noch zu untersuchen sein, ob die Vorgänge, wie sie sich bei den Gewittern abspielen, derartige sind, dass man Übersättigungen oder Überkaltungen erwarten darf.

„Dies führt aber," fährt Prof. v. Bezold fort, „zu einer Betrachtung der Gewittererscheinungen überhaupt, und lässt es sich deshalb nicht vermeiden, hier etwas über Gewitterbildung im allgemeinen zu sprechen.

Hierbei muss ich jedoch vor allem eine Bemerkung vorausschicken, die sich auf die bekannte Einteilung in Wirbelgewitter und Wärmegewitter bezieht, da es mir scheinen will, als ob diese Einteilung vielfach in nicht ganz zutreffender Weise vorgenommen würde.

Häufig bezeichnet man alle Gewitter, die irgendwie mit einem Ausläufer einer Depression zusammenhängen oder am Rande von Depressionen auftreten, auch wenn letztere sehr flach sind, als Wirbelgewitter, während sie ganz charakteristische Wärmegewitter sein können.

Die Bezeichnung Wärmegewitter wendet man dagegen vielfach nur auf vereinzelte lokale Gewitter an, während meines Erachtens die Mehrzahl

aller im Binnenlande beobachteten Gewitter mit ganz wenigen Ausnahmen ausgesprochene Wärmegewitter sind.

Man könnte nun freilich sagen, dass schon der Umstand, dass die Teilung in diese beiden Gruppen so verschiedenartige Auffassungen zulässt, darauf hindeute, dass diese Einteilung nicht in der Natur begründet sei.

Dies ist jedoch keineswegs der Fall Im Gegenteile halte ich diese Einteilung für eine höchst wesentliche, und wenn die Definitionen dafür bis jetzt noch nicht so scharf gegeben wurden, als dies wünschenswert ist, so glaube ich dies einfach dem Umstande zuschreiben zu sollen, dass die ersten Untersuchungen über diese Trennung in einem Lande vorgenommen wurden, wo beide Gruppen häufig vorkommen, und wo sie mehr in einander übergehen, als dies anderwärts der Fall ist.

Meines Wissens rührt nämlich diese Einteilung von Mohn her, und gerade in Skandinavien hat man häufiger Gelegenheit, wirkliche Wirbelgewitter zu beobachten, als etwa in Deutschland, wo sie sich beinahe ganz auf die Küste beschränken und, wie schon bemerkt, nur in seltenen Ausnahmefällen ins Binnenland eintreten.

Eben deshalb liegt dort die Versuchung nahe, gar manche Gewitter als Wirbelgewitter zu betrachten, die ich als Wärmegewitter bezeichnen würde, die aber nicht so typisch entwickelt sind, als sie im Inneren des Kontinentes beobachtet werden.

Gemeinsam bleibt allen Gewittern das Vorhandensein eines starken aufsteigenden Luftstromes als Grundbedingung für die Bildung der mächtigen Wolken, wie sie bei keinem Gewitter fehlen, aber die Art und Weise, wie dieses Aufsteigen zu stande kommt, ist bei den beiden Arten von Gewittern doch sehr verschieden.

Ich will es nun versuchen, Definitionen der beiden Gruppen zu geben, welche Verwechselungen möglichst ausschliessen:

a. W i r b e l g e w i t t e r. Die Wirbelgewitter begleiten die zentralen Teile tieferer, wohl ausgebildeter Depressionen. Sie sind Erscheinungen eines lebhaften, aufsteigenden Luftstromes, wie er bei starken Störungen des atmosphärischen Gleichgewichts in den Cyklonen zu stande kommt. Sie treten dementsprechend bei unruhigem, trübem Wetter und vorzugsweise in der Nähe der Zugstrassen der Depressionen auf und dort, wo sich diese zu besonderer Tiefe entwickeln, d h. auf dem Meere bis an die Küsten hin. Die Luftbewegung während der Wirbelgewitter ist die cyklonale. Die Wirbelbewegung selbst erfolgt in horizontalem Sinne mit etwas aufwärts gerichteter Komponente um eine senkrechte, bez. geneigte, jedenfalls aber die Erdoberfläche schneidende Achse. Ihre jährliche und tägliche Periode schliesst sich jener der Stürme an.

Die Ursache derselben fällt im wesentlichen mit jener der Cyklonen überhaupt zusammen und ist demnach zur Zeit noch ebensowenig genau anzugeben, wie jene der Cyklonen an sich, die sich nach den neueren Forschungen durchaus nicht mehr aus den blossen Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnissen erklären lassen, sondern jedenfalls auch zu nicht geringem Teile Folgeerscheinungen der allgemeinen Zirkulation sind.

Ob noch besondere Umstände hinzukommen, von welchen das Auftreten oder Ausbleiben von Gewittern als Begleiter der Cyklonen abhängt, muss erst durch weitere Forschungen aufgeklärt werden.

b. W ä r m e g e w i t t e r. Während nach dem eben Gesagten die Wirbelgewitter bei unruhigem, stürmischem Wetter und ausgesprochen cyklonaler Luftbewegung auftreten, verlangen die Wärmegewitter zu ihrer Bildung ruhige Luft ohne ausgesprochene cyklonale oder anticyklonale Bewegung und ungehinderte, kräftige Insolation.

Sie treten demnach weder in zentralen Teilen der Depressionen, noch in jenen der barometrischen Maxima auf, sondern in den Grenzgebieten zwischen beiden.

Flache, von einer grösseren Depression aus vorgeschobene Teil-

depressionen mit kaum erkennbarem Zentrum, wie sie sich in den Isobarenkarten als sogenannte Gewittersäcke darstellen, flache Furchen zwischen zwei Maximalgebieten, Rücken oder Zungen höheren Druckes zwischen zwei Depressionen, und zwar besonders zwischen flachen ausgedehnten Depressionen sind die Gebiete, in denen bei genügender Insolation die Wärmegewitter ihre Entstehung finden.

Mit anderen Worten, sie entstehen in Gebieten, über welchen weder ein ausgesprochener aufsteigender, noch absteigender Strom vorhanden ist, so dass am Erdboden Gelegenheit zu Überhitzungen geboten ist, die alsdann in diesem Teile der Atmosphäre labiles Gleichgewicht zur Folge haben.

Hierbei hat man meines Erachtens bisher im allgemeinen zu viel Gewicht auf die bei den eben geschilderten Luftdruckverteilungen vorhandenen Depressionen gelegt und dadurch den Unterschied zwischen den Wärmegewittern und Wirbelgewittern verwischt, während es sich beim Wärmegewitter gerade darum handelt, dass diese Depressionen so schlecht ausgebildet seien, dass sie gewissermassen einen Zwischenzustand zwischen barometrischem Maximum und Minimum darstellen

Man könnte deshalb ebensowohl die vorgeschobenen Teile der Maxima, wie sie zur Bildung der sogenannten Gewittersäcke unerlässlich sind, oder die Rücken oder Zungen höheren Druckes, wie sie die Gewitterbildung in höchstem Grade begünstigen, als das Wesentliche betrachten und den begleitenden Depressionen nur untergeordnete Aufmerksamkeit schenken

Es handelt sich eben nur darum, dass die Möglichkeit gegeben sei zu ungewöhnlichem Steigen der Temperatur der untersten Luftschicht, so dass die potentiellen Temperaturen unten höher werden als oben, d. h. dass labiles Gleichgewicht eintritt.

Dies ist aber nur möglich, wenn in dem vorbereitenden Stadium weder ein ausgesprochener aufsteigender Strom vorhanden ist, wie in der Depression, wo er die sich unten erwärmende Luft bald mitnimmt und überdies durch die mit dem Aufsteigen notwendig verbundene Wolkenbildung der Überhitzung Einhalt thut, noch darf ein stärkerer absteigender Strom, wie er im Inneren der Anticyklonen vorhanden ist, fortgesetztes Abfliessen der unteren Schichten bewirken, oder das rasche Wiederauflösen einzelner lokal aufsteigender Wolken bedingen.

Dass Überhitzung der untersten Luftschicht und mithin labiles Gleichgewicht in derselben als ein regelmässiger Vorläufer der Wärmegewitter zu bezeichnen ist, darf man wohl als Thatsache ansehen, wenngleich zu ihrer völligen Sicherstellung noch weitere Beobachtungen, wie sie jedoch nur durch registrierende Instrumente in der erforderlichen Vollständigkeit zu beschaffen sein dürften, sehr erwünscht wären.

Sind nun die eben geschilderten Bedingungen erfüllt, ist keine ausgesprochene auf- oder abwärts gerichtete Luftbewegung vorhanden, während die Sonne den Boden kräftig erwärmt, dann wird sich an verschiedenen Stellen der Erdoberfläche, und zwar vorzugsweise dort, wo diese Erwärmung durch die Bodenbeschaffenheit begünstigt ist, labiles Gleichgewicht herstellen. Dabei wird, wenigstens während der Sommermonate, in einem gegebenen Augenblicke die Erwärmung auf einer gegen den Meridian im Sinne von NNW nach SSO etwas geneigten Linie gleich hoch gestiegen sein, da so gelegene Punkte gleich langer Insolation ausgesetzt sind.

Es wird sich demnach, abgesehen von den Einflüssen der allgemeinen Luftdruckverteilung, an den betreffenden Tagen auf einer solchen nahezu meridional verlaufenden Linie ungefähr gleichzeitig Überhitzung der untersten Luftschicht und damit labiles Gleichgewicht einstellen.

Dabei werden es zunächst einzelne reihenförmig angeordnete Zentren sein, von denen, begünstigt durch lokale Eigentümlichkeiten, der Durch-

bruch der Luft nach oben erfolgt; wegen der mit der Kondensation verbundenen Vermehrung des Auftriebes wird sich der aufsteigende Strom mehr und mehr steigern, bis derselbe die kondensierten und gehobenen Wassermassen nicht mehr weiter zu heben und zu tragen vermag, und sie wieder herabstürzen, d. h bis das Gewitter zum Ausbruche kommt

Dieses Herabfallen wird, wie später gezeigt werden soll, meist erst in Höhen beginnen, in welchen die Temperatur unterhalb des Gefrierpunktes liegt. und wird dementsprechend der Niederschlag in den höchsten Regionen in der Mehrzahl der Fälle aus Hagel oder Graupeln bestehen, die aber nur selten den Boden erreichen, sondern während des Herabfallens schmelzen und dabei die Temperatur in der bekannten Weise herabdrücken.

So erfolgt nach dem Ausbruche des Gewitters ein plötzlicher Sturz der Temperatur, die Flächen gleichen Druckes drängen sich innerhalb des Niederschlagsgebietes zusammen. während die am vorderen — östlichen — Rande des Gewitters aufgestiegene, von den ostwärts gelegenen. inzwischen noch weiter erwärmten Teilen der Atmosphäre herrührende Luft oben nach der abgekühlten Seite abfliesst und dort den Luftdruck erhöht.

Unten hingegen strömt die Luft aus dem Niederschlagsgebiete mit Macht ostwärts heraus, die vor ihr liegenden Luftmassen werden dadurch in ihrer Ruhe gestört und die ohnehin dem labilen Gleichgewichtszustande nahe, wenn nicht gar bereits in ihm befindliche Luft zum gewaltsamen Aufsteigen gebracht.

So erneuert sich an dem vorderen Rande das Gewitter fortgesetzt, und wenn die ursprüngliche Erhitzung stark genug war, und die Luft im allgemeinen hinreichend ruhig, um die an einzelnen Stellen der oben genannten Linie entwickelten Einzelgewitter zu einem grossen Bande zu vereinigen, so wird sich nun die entstehende Gewitterfront als ein grosser Wirbel mit horizontaler Achse ostwärts weiter wälzen, bis das Sinken der Sonne und die damit Hand in Hand gehende Abkühlung die Vorbedingungen zur Erneuerung des Vorganges mehr und mehr abschwächt und damit während der Nacht allmähliches Erlöschen des Gewitters zur Folge hat.

Als ein besonderes Kennzeichen derartiger wohl ausgebildeter Wirbel mit horizontaler Achse muss auch noch hervorgehoben werden, dass der Wind nahezu senkrecht zur Isobare weht, mithin eine scheinbare Ausnahme vom barischen Windgesetze eintritt.

Hierbei sind jedoch einzelne kleinere Wirbel um vertikale Achsen nicht ausgeschlossen, sei es, dass das Band kein ununterbrochenes ist, sei es, dass Unregelmässigkeiten an einzelnen Stellen solche Wirbel erzeugen. Trotzdem scheinen mir derartige Einzelheiten nicht hinreichend, um ein solches Gewitter als Wirbelgewitter zu bezeichnen.

Ich glaube, noch einmal auf diesen Punkt zurückkommen zu müssen, weil ich gerade in dieser Art der Entstehung und Fortpflanzung, die ja später bei vielen grossen Gewittern sowohl durch die Untersuchungen von Ciro Ferrari als auch durch die in Bayern und den benachbarten Ländern und später auch in Norddeutschland ausgeführten Forschungen Bestätigung gefunden hat, das Charakteristische der Wärmegewitter erblicke.

Auch habe ich absichtlich auf das Vorhandensein von Depressionen weniger Gewicht gelegt, als vielmehr darauf, dass ein Gebiet vorhanden sei, in welchem weder der cyklonale, noch der anticyklonale Charakter entschieden ausgeprägt ist.

Ich habe deshalb auch zunächst von der Luftströmung in den oberen Regionen, wie sie durch die Luftdruckverteilung über grossem Gebiete bedingt ist, ganz abgesehen und die im Grunde genommen rein schematische Entwickelung unter der Voraussetzung gemacht, dass die allgemeine Luftströmung nicht in Betracht komme.

Es schien mir nämlich wichtig, klarzulegen, dass schon unter dieser

Voraussetzung eine Fortpflanzung der Gewitter von Westen nach Osten zu erwarten sei, während es eine bekannte Thatsache ist, dass unter dem Einflusse der allgemeinen Luftbewegung auch die entgegengesetzte Richtung eingeschlagen werden kann.

Die von Osten kommenden Gewitter sind jedoch immer verhältnismässig selten, überdies im Vergleiche mit den aus Westen kommenden nur schwach entwickelt und zeigen ausserdem geringere Fortpflanzungsgeschwindigkeit.

Den Grund dafür erblicke ich eben darin, dass ohne Mitwirkung der allgemeinen Luftbewegung die Fortpflanzung immer eine westöstliche sein müsste, und dass deshalb in Fällen, wo der betreffende Landstrich unter dem Einflusse einer südlich liegenden Depression steht, so dass die allgemeine Luftbewegung daselbst eine ost-westliche ist, zwei entgegengesetzt wirkende Ursachen die kräftige und typische Entwickelung des Phänomens stören.

Schliesslich möchte ich noch hinzufügen, dass es mir zweckmässig scheint, Gewitter, welche das eben beschriebene, senkrecht zu seiner Längsrichtung sich fortbewegende Band zeigen, als „Frontgewitter" zu bezeichnen, während man die einzelnen zerstreuten Gewitter, wie sie ja auch häufig unter sonst ähnlichen Bedingungen vorkommen, mit Fron als „erratische Gewitter" bezeichnen könnte

Woher es rührt, dass in einzelnen, und zwar aufeinander folgenden Jahren vorzugsweise Frontgewitter auftreten, während man in anderen nur erratische Gewitter beobachtet, dies scheint mir eine Frage, die eines eingehenden Studiums in hohem Grade würdig wäre, und auf die ich deshalb besonders hinweisen möchte.

Dass ausserdem das Zustandekommen der Frontgewitter nicht unwesentlich von der Konfiguration des Landes und von der Bodenbeschaffenheit desselben abhängen muss, ist klar.

Sie werden dementsprechend im Inneren von Frankreich und im deutschen Binnenlande viel leichter zu grösserer Entwickelung kommen, als auf der skandinavischen Halbinsel oder in Italien, wo nur Schweden, bez. die Po-Ebene den erforderlichen Bedingungen in etwas höherem Grade genügen.

Dass überdies Terrainabschnitte von einer dem Meridiane sich anschliessenden Erstreckung, wie die Vogesen, der Schwarzwald, der Böhmerwald, die Bildung von Frontgewittern besonders begünstigen müssen, liegt auf der Hand."

Nach diesen allgemeinen Bemerkungen zur Lehre vom Gewitter geht Prof v. Bezold nun genauer auf die Frage ein, welche Rolle die Übersättigung und Überkaltung bei den Gewittern spielen könne.

„Bei dieser Untersuchung," sagt er, „habe ich nur die Wärmegewitter im Auge, da mir für richtige Wirbelgewitter zu wenig Material zur Verfügung steht, und da ich vor allem nicht weiss, ob auch bei letzteren die eigenartige Druckschwankung beobachtet wird, welche sich bei Wärmegewittern in den Barogrammen fast jedesmal erkennen lässt.

Inwiefern hierbei wirkliche Übersättigungen vorkommen, ist, wie schon bemerkt, zur Zeit noch schwer zu entscheiden, da hierfür bis jetzt die erfahrungsmässige Grundlage fehlt.

Dagegen will es mir scheinen, als ob die schon erwähnten, neuerdings von Prof. Hellmann veröffentlichten Beobachtungen über das Verhalten der von Westen gegen Berlin ziehenden Gewitterregen doch darauf hindeuten, dass Übersättigungen bei dem Gewitter eine Rolle spielen. Die grosse Staub- und Rauchwolke, welche sich jederzeit über der Stadt befindet, muss nämlich das Zustandekommen des übersättigten Zustandes erschweren.

Auch die von mir schon vor Jahren nachgewiesene Thatsache, dass Gebäude innerhalb volkreicher Städte weit weniger vom Blitze bedroht sind als die der Nachbarschaft, dürfte sich in dem Sinne deuten lassen,

dass die Heftigkeit der Gewitter oberhalb der Städte eine Verminderung erleidet, und könnte vielleicht auf ähnliche Ursachen zurückgeführt werden. Ich gebe jedoch gerne zu, dass einer derartigen Betrachtung nur wenig Beweiskraft inne wohnt.

Anders verhält es sich mit den eigentümlichen Bewegungen und Auftreibungen, welche die Gewitterwolken zeigen, selbst wenn sie noch nicht in Regionen hinaufreichen, in welchen man von Überkaltungen reden kann.

Die Formen und besonders die Gestaltsänderungen derselben entsprechen keineswegs jenen, wie man sie bei einem stetig aufsteigenden und nur infolge der Ausdehnung von Kondensation begleiteten Strome erwarten sollte. Man kann sich vielmehr bei der aufmerksamen Beobachtung derselben kaum des Gedankens erwehren, dass im Inneren der Wolke noch Kräfte thätig seien, die das eigenartige Aufblähen und Vorstossen der einzelnen Cumulusköpfe zur Folge haben Hierbei kann man jedoch kaum an andere Kräfte denken, als an Erwärmungen, wie sie in der Wolke auftreten müssen, wenn Übersättigungen oder Überkaltungen zur Auslösung kommen.

Eine wesentliche Unterstützung würde die Annahme von dem Auftreten von Übersättigungen gewinnen, wenn sich die Druckschwankung auch bei Gewittern nachweisen liesse, bei welchen die Wolken nur geringe Höhen erreichen, wie dies nach den Beobachtungen von Reimann im Riesengebirge nicht selten der Fall sein soll. Es wäre deshalb wünschenswert, wenn der Frage über das Auftreten tief ziehender Gewitterwolken von geringer Mächtigkeit besondere Aufmerksamkeit geschenkt würde.

In weit günstigerer Lage als hinsichtlich der Frage nach der Übersättigung befindet man sich der Überkaltung gegenüber. Hier bewegt man sich auf dem Boden nachgewiesener Thatsachen, und es handelt sich demnach nur noch darum, die Vorstellungen über die Wolkenbildung durch adiabatische Expansion und insbesondere über jene der Gewitterwolken genauer zu präzisieren.

Sowie ein lebhafter aufsteigender Luftstrom vorhanden ist, wird bei Erreichung des Taupunktes Kondensation eintreten, sofern dem Strome die erforderlichen Nebelkerne beigemischt sind. Dauert nun die Expansion fort, so wird sich mehr und mehr Wasser an diese Kerne ansetzen, während die Zahl der Nebelkörperchen vermutlich keine Vermehrung erfährt.

Die einzelnen Nebelkörperchen werden infolgedessen grösser und grösser und entwickeln sich hierdurch, sowie durch Vereinigung mehrerer, allmählich zu kleinen, sogar dem blossen Auge sichtbaren Tröpfchen.

Diese Tröpfchen werden jedoch bei hinreichend lebhaftem Aufsteigen noch lange nicht herabsinken, sondern in grosse Höhen mitgerissen werden, solange ihre Grösse nicht eine gewisse Grenze übersteigt, die natürlich von der Stärke des aufsteigenden Stromes und von der Dichtigkeit der Luft abhängig ist.

Ginge der Prozess nicht in der angegebenen Weise vor sich, würde vielmehr das gebildete Wasser sofort als Regen herausfallen, so wäre eine fortgesetzte Zunahme in der Mächtigkeit nicht regnender Wolken unmöglich

Auch könnte die Wolke niemals den Anblick gewähren, den wir bei den Cumuluswolken zu finden gewohnt sind, und der ganz an kompakte Massen erinnert, sondern sie könnte höchstens den Eindruck von Nebelschleiern machen, die mit der Höhe immer dünner und durchsichtiger werden müssten, ohne eine scharfe Begrenzung nach oben hin zu besitzen.

Da dies nicht der Fall ist, so muss man annehmen, dass die in den unteren Teilen der Wolke gebildeten Nebelkörperchen wenigstens teilweise bis zur oberen Begrenzung mitgerissen werden, um dann im Herabfallen durch die unteren Schichten der Wolke sich noch weiter zu vergrössern.

Wird bei diesem Aufsteigen auch die Nullisotherme überschritten, so

braucht deshalb noch lange nicht Erstarrung zu Eis einzutreten, es können vielmehr die Wasserteilchen bei Fortbestehen des flüssigen Zustandes in Regionen hineingeführt werden, in denen die Temperatur weit unter dem Nullpunkte liegt.

Nun hat aber dort, wo die mitgerissenen Wasserteilchen infolge der beträchtlichen Grösse, die sie bei dem Zurücklegen des langen Weges unter fortschreitender Kondensation erlangt haben, ihre Bewegungsrichtung umkehren und zu fallen beginnen, der aufsteigende Luftstrom noch lange nicht sein Ende erreicht.

Dieser Strom wird sich vielmehr in allen Fällen, wo es sich nicht nur wie bei der eigentlichen sommerlichen Haufenwolke um Aufsteigen einzelner erwärmter Luftmassen und um deren Eindringen in höhere Schichten handelt, noch weit über die obere sichtbare Begrenzung der Wolke hinaus fortsetzen.

Thatsächlich hat man aber bei dem Wärmegewitter mit dem sich stets wieder erneuernden Wirbel um eine horizontale Achse einen in gewissem Sinne stationären Vorgang vor sich, wenn er auch als solcher sich fortgesetzt weiter bewegt.

In diesem eben aus dem Gewittercumulus austretenden Luftstrome muss nun infolge der fortdauernden Abkühlung von neuem Kondensation eintreten. Hierbei werden jedoch einerseits die ins Spiel kommenden Wasserdampfmengen nur noch geringfügige sein, ausserdem aber wird bei den in diesen Höhen herrschenden Temperaturen die Ausscheidung unmittelbar in der Form von Eis- oder Schneekristallen erfolgen.

Bei diesem der Sublimation vergleichbaren Vorgange kann nun Übersättigung oder Überkaltung wegen der geringen noch vorhandenen Wassermengen keinenfalls mehr eine nennenswerte Rolle spielen, selbst wenn sie an sich noch möglich sein sollte. Es fehlen deshalb auch in diesen Wolken die sich vordrängenden und aufblähenden Köpfe, sie entwickeln sich vielmehr dem stetig aufsteigenden Strome entsprechend zu einem schirmartigen Gebilde, dem Cirrusschirme

Man hat zwar Zweifel darüber ausgesprochen, ob der Cirrusschirm, wie er die Gewitterwolke begleitet, wirklich jedesmal aus Eis oder Schnee bestehe, da nicht immer die charakteristischen optischen Erscheinungen an ihm wahrnehmbar sind. Es scheint mir jedoch wichtig, darauf hinzuweisen, dass zwischen Eiswolken in verhältnismässig geringeren Höhen, wie sie dem Cirrusschirme entsprechen, und jenen in den höchsten Schichten der Atmosphäre doch noch recht erhebliche Unterschiede vorhanden sein können, die auch auf das optische Verhalten einen Einfluss äussern dürften.

Während nämlich bei sehr niedrigen Temperaturen leicht Eisnadeln auftreten, so findet die Ausscheidung bei Temperaturen, die dem Gefrierpunkte nahe liegen, in Gestalt sternförmiger Schneekristalle oder sogar von Schneeflocken statt, was dem Zustandekommen der bekannten optischen Erscheinungen minder förderlich sein dürfte.

Nach diesen Bemerkungen über den Cirrusschirm soll nun die Aufmerksamkeit wieder dem Gewittercumulus selbst zugewendet werden.

Wenn dieser bis in Regionen hineinragt, in welchen die Temperatur erheblich unter 0° herabsinkt, so wird die Überkaltung der Nebelelemente schliesslich einmal ein Ende erreichen müssen, und es wird nur eines äusseren Anstosses bedürfen, um ein momentanes Erstarren hervorzurufen.

Hiermit geht aber, wie schon in dem ersten Teile der Abhandlung gezeigt wurde, eine Erwärmung und plötzliche Drucksteigerung Hand in Hand. Natürlich muss dieser Drucksteigerung nachher wieder eine Ausdehnung folgen, und so dürfte es sich erklären, dass aus dem Gewittercumulus oft neue Haufenwolken von bedeutender Ausdehnung plötzlich hervorschiessen.

So hat Assmann am 6. Juni 1889 vom Säntisgipfel aus einige Photo-

graphien von einem aufsteigenden Gewitter gemacht, bei welchem in sehr kurzer Zeit ein förmlicher Cumulusturm aus der Gewitterwolke hervorgebrochen war, der sich später in einen champignonartigen Cirrus mit breitem Schirme verwandelte.

Diese Verwandelung entspricht vollkommen der vorher entwickelten Vorstellung von dem Wesen des Cirrusschirmes.

Wenn nämlich infolge einer solchen Auslösung, wie sie oben vorausgesetzt wurde, und wie sie sich in der Druckschwankung kund zu geben scheint, die jetzt gefrorenen Massen noch weit über die Höhe emporgeschleudert werden, welche sie im überkalteten Zustande eingenommen haben, so muss doch nach dem Erlöschen des Impulses ein Zurücksinken wenigstens der schwereren und grösseren Elemente eintreten, während der zu dem Gesamtphänomen gehörige, die Wolke durchsetzende Strom noch andauern und so zur Entstehung des Cirrusschirmes Anlass geben wird.

Nach den oben erwähnten Untersuchungen von Assmann auf dem Brocken, sowie nach neueren von ihm angestellten geben solche überkaltete Nebelelemente nach dem Erstarren niemals Eiskristalle oder Schnee, sondern nur kleine strukturlose Eisklümpchen.

Aus solchen ist aber auch das Graupelkorn zusammengesetzt. Die Annahme plötzlichen Erstarrens überkalteter Nebelkörperchen, bez. ganz kleiner Tröpfchen erklärt dementsprechend auch die Graupel- und Hagelbildung ohne Schwierigkeit.

Zunächst vereinigen sich die erstarrten überkalteten Tröpfchen zu Graupelkörnchen, indem sie wahrscheinlich beim Herabfallen andere überkaltete Tröpfchen beim Zusammenstossen ebenfalls zum Erstarren bringen und zugleich lose aneinander schmelzen.

Gelangen sie alsdann in tiefere Regionen, in denen die Wasserteilchen eine dem Gefrierpunkte nahe liegende Temperatur besitzen, so werden sie sich mit einer Hülle klaren Eises überziehen, auf welche sich bei einem abermaligen Auftriebe, wie er in den in sich stark bewegten Gewitterwolken wohl häufig vorkommt, abermals solche überkaltete Teilchen anlagern, während das nun schwerer gewordene Hagelkorn von neuem herabsinkt und sich abermals mit klarem Eise überzieht.

Auf diese Weise entsteht der trübe milchige Kern mit den ihn umgebenden konzentrischen Schichten, welche man in den Hagelkörnern findet.

Dass alsdann bei heftigem Aneinanderstossen bereits gebildeter Hagelkörner Regelation eintritt und dadurch Zusammenwachsen zu den höckerigen Gestalten, wie sie bei den Hagelkörnern häufig sind, scheint ganz natürlich.

Man kann demnach aus der Annahme, dass überkaltete Wasserteilchen in Gewitterwolken eine grosse Rolle spielen, eine Reihe von Erscheinungen, welche die Gewitter begleiten, unschwer und ungezwungen erklären.

Eine grosse Schwierigkeit bleibt jedoch immer noch zu überwinden; es ist nämlich nicht leicht, von dem Prozesse der Auslösung der Überkaltung eine Vorstellung zu gewinnen.

Nach häufig gemachten Beobachtungen, unter denen ich nur die von Assmann sowie diejenigen von Moedebeck und Gross besonders namhaft machen will, pflanzt sich das Erstarren des überkalteten Wassers an einzelnen Stellen der Wolke nicht durch die ganze Wolke fort.

Während am Brocken alle überkalteten mikroskopischen Tröpfchen beim Aufschlagen auf einen festen Körper sofort erstarrten und diesen Körper allmählich ganz in Eis einhüllten, und während sich bei der oft zitierten Luftfahrt vom 19. Juni 1889 alles Tauwerk des Ballons rasch mit Eis überzog, so blieben doch der Nebel, bez. die Wolken als solche unverändert.

Es ist dementsprechend nicht leicht zu verstehen, wie dieses Erstarren sich innerhalb kurzer Zeit auf grössere Partien der Wolke verbreiten soll, und doch muss dies der Fall sein, wenn wirklich die plötzliche Druck-

steigerung mit all' den Folgeerscheinungen zu stande kommen soll, von denen eben gesprochen wurde.

Ob dies durch Eiskristalle bewirkt wird, welche aus dem Cirrusschirme herabfallen und beim Zusammentreffen mit den überkalteten Wasserteilchen plötzliches Gefrieren derselben bewirken, oder ob hier etwa elektrische Vorgänge mit ins Spiel kommen, dies sind Fragen, die man noch als vollkommen offene bezeichnen muss.

Dagegen möchte ich die für Gewitter charakteristischen Platzregen als einen Beweis dafür ansehen, dass bei diesen beiden Erscheinungen die eben erwähnten Auslösungen eine Rolle spielen.

Auch ist es nicht unwahrscheinlich, dass viele Gewitterregen in der Höhe die Form von Graupeln oder Hagel besitzen und erst in den tieferen Schichten der Atmosphäre sich in Regen verwandeln.

Wenigstens werden Graupeln und Hagel an höher liegenden Stationen im allgemeinen häufiger beobachtet als im Tieflande.

Desgleichen dürften die grossen Tropfen, wie sie bei Gewitterregen nicht selten vorkommen, darauf hindeuten, dass man es in solchen Fällen mit geschmolzenen Hagel- oder Graupelkörnern zu thun hat. Diese Annahme halte ich besonders deshalb für wahrscheinlich, da ich schon mehrere Male Gelegenheit hatte, zu beobachten, dass der Ausbruch heftiger Hagelschauer sich unmittelbar vorher durch das Fallen ganz grosser Tropfen ankündigt.

Ich habe in solchen Fällen Tropfen von einer Grösse beobachtet, wie sie überhaupt nur ganz vorübergehend existieren können und wohl nur dadurch zu erklären sind, dass es sich um geschmolzene Hagelkörner handelt.

Ich halte es deshalb für wahrscheinlich, dass Graupeln und Hagel beim Gewitter noch eine weit grössere Rolle spielen, als man es gewöhnlich annimmt, und dass ihr verhältnismässig seltenes Auftreten am Erdboden eben nur darauf zurückzuführen ist, dass sie häufig in geschmolzenem Zustande unten ankommen.

Die im obigen enthaltenen Darlegungen lassen sich im wesentlichen in die nachstehenden Sätze zusammenfassen:

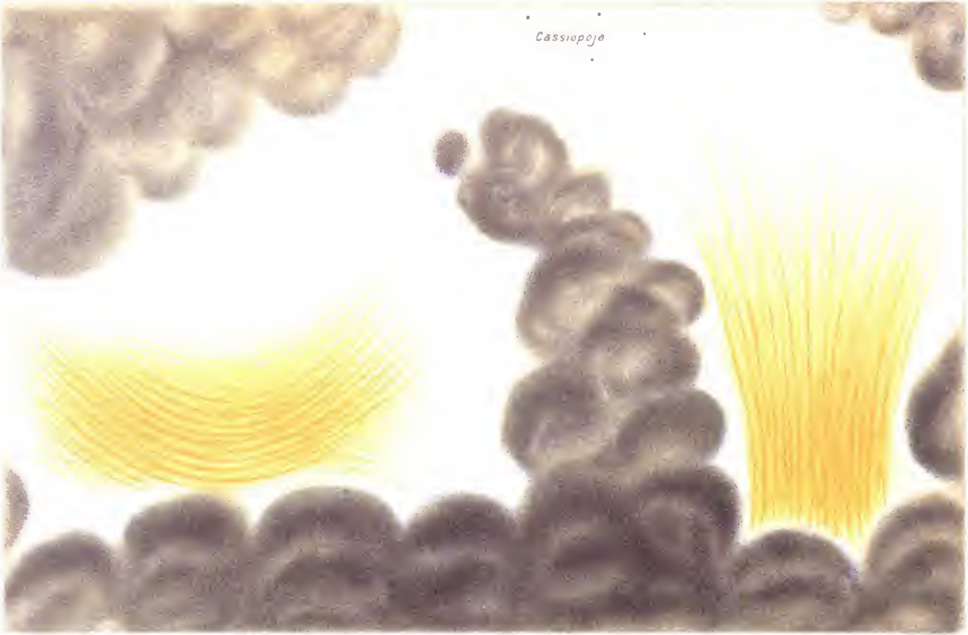
„Wenn in der Atmosphäre übersättigter Dampf oder überkaltetes Wasser vorhanden ist, so muss die plötzliche Auslösung solcher Zustände eine schnell verlaufende Druckschwankung nach sich ziehen, die sich in einem raschen Steigen und nachfolgendem Sinken des Barometers kenntlich machen muss."

„Fallen sehr bald nach der Auslösung abkühlende Niederschläge, so wird das Sinken des Barometers infolge des durch die Abkühlung bedingten Zusammendrängens der Druckflächen und des hierdurch bewirkten Nachströmens von Luft in der Höhe vermindert oder auch ganz verhindert, und es tritt eine Druckstufe an die Stelle der Druckschwankung."

„Derartige Schwankungen des Luftdruckes, sowie Druckstufen treten bekanntlich sehr häufig bei Gewittern, auf und zwar in Grössen, wie sie sich ohne Schwierigkeit auf Übersättigung oder Überkaltung zurückführen lassen."

„Thatsächlich sind auch bei Gewittern die Bedingungen erfüllt, welche das Zustandekommen solcher labiler Zustände erleichtern, insbesondere dürften Überkaltungen in den höher liegenden Teilen der Gewitterwolken sehr häufig vorkommen."

„Da die Auslösung solcher Zustände plötzliche Erwärmung einzelner Stellen im Gefolge haben muss, so dürften sich aus solchen Vorgängen die eigentümlichen Gestaltänderungen erklären, welche man an den Gewittercumuluswolken beobachtet, und welche man nicht wohl als blosse Folgeerscheinung eines stetig aufsteigenden Stromes ansehen



Klein, Jahrbuch III. Tafel V.

Nordlicht, nach der Natur gezeichnet von Dr. Dorst 1869 9. April.

kann, selbst wenn dieses Aufsteigen in Begleitung von Wirbelbewegungen erfolgt."

Auch die Entstehung von Graupeln und Hagel lässt sich ohne Schwierigkeit auf Überkaltung zurückführen."

Nordlichtbeobachtungen zu Koutokeino, etwa 100 *km* südlich von Bossekop, sind im Winter 1882—1883 von S. Tromholt angestellt worden. Erst demnächst ist es dem Beobachter möglich, die Ergebnisse seiner Untersuchungen zu veröffentlichen, und macht er darüber zunächst einige vorläufige Mitteilungen[1]). Das Nordlicht war daselbst eine fast tägliche Erscheinung und zeigte in seinem Auftreten grosse Mannigfaltigkeit. Verf. kam zu der Erkenntnis, dass die vielen verschiedenen Formen, die man aufgestellt hat, sich auf ganz wenige Grundtypen zurückführen lassen. „In den meisten Fällen bildet das Nordlicht Gürtel oder Zonen, die sich über der Erde ungefähr in der Richtung der magnetischen O—W-Linie erstrecken, und die aus einer Anhäufung äusserst dünner, dicht hintereinander aufgestellter Lichtflächen bestehen, deren Richtung derjenigen der Inklinationsnadel parallel ist. Die Lichtmaterie dieser Flächen ist entweder gleichförmig, diffus oder in schmale Strahlen gesondert.

Die Richtung ist indessen nur im grossen und ganzen O—W; besonders wenn die Lichtmaterie strahlend ist, können bedeutende Abweichungen vorkommen. Bei den in grosser Höhe stehenden Strahlenbändern beobachtet man dies am besten. Abgesehen von den Biegungen, welche die Lichtflächen unaufhörlich machen, können solche Bänder, jedenfalls eine Zeitlang, fast jede mögliche Stellung einnehmen und sich in den seltsamsten Figuren über den Himmel schlängeln. Ich habe die Bänder von N gegen S gehen sehen; bisweilen waren sie fast spiralartig zusammengerollt; ich habe sie sogar einen vollständigen Kreis in ca. 30° Höhe um den ganzen Himmel herum, mit dem Zenithe als Zentrum, bilden sehen.

Diese grossen Abweichungen der Lichtzonen von ihrem regelmässigen Verlaufe verursachen die vielen Unregelmässigkeiten, die man so oft bei den Bogen beobachtet, z. B. ihre unsymmetrische Lage im Verhältnisse zu dem magnetischen Meridiane, ihre elliptischen Biegungen bei den Fusspunkten u. s. w.

Sehr merkwürdig und ziemlich häufig waren die schlingen- oder schleifenartigen Formen, die dadurch entstehen, dass zwei niedrige Bogen an ihrem östlichen Ende etwas oberhalb des Horizontes verbunden sind und zusammenhängen. Es kann fast als ein Gesetz angesehen werden, dass die Verbindung stets am östlichen Ende, nie am westlichen sich findet, wie überhaupt das östliche Ende der Bogen an Unregelmässigkeiten, Zurückkrümmungen u. s. w. viel reicher ist als das westliche.

Eine zweite Eigentümlichkeit besteht darin, dass diese Bogenschleifen fast immer gegen W ziehen. Auch wenn die entsprechen-

---

[1]) Peterm. Mitteil. 1892. p. 201 u. ff.

den Formen als Bänder, Wirbel oder Kronen hoch am Himmel stehen, ist es gewöhnlich, dass der ganze Komplex in westlicher Richtung zieht.

Von der durch die perspektivische Wirkung verursachten Zurückkrümmung der (namentlich höheren) Bogen an den Fusspunkten ist hier natürlich abgesehen.

Sehr instruktiv ist die Betrachtung der Entwickelung einer Krone. Wenn ein Strahlenband sich gegen den magnetischen Zenith bewegt, werden die Strahlen anscheinend immer kürzer, natürlich weil sie unter einem immer spitzer werdenden Gesichtswinkel betrachtet werden, und indem das Band den magnetischen Zenith passiert, sieht man nur seine untere Kante, die sich dann als eine gebogene, gekrümmte und gefaltete Lichtlinie zeigt; man beobachtet dann, dass jede einzelne Strahlenreihe eine äusserst geringe Dicke hat; gewöhnlich aber besteht das Band aus mehreren, mitunter aus sehr vielen solcher hintereinander stehenden, parallelen Lichtflächen. Namentlich im letzteren Falle hat die Krone ein ganz ausserordentlich volles Aussehen, welches im Vereine mit den unaufhörlichen Bewegungen, Veränderungen und Farbenvariationen einen unbeschreiblich erhabenen Eindruck macht.

Die Grundform des Nordlichtes wird also von hauptsächlich in der Richtung der magnetischen O—W-Linie streichenden Zonen gebildet, die aus gleichförmigen oder strahlenden, in der Inklinationsrichtung hintereinander gestellten, äusserst dünnen Lichtschichten bestehen, und auf diese Grundform können sämtliche übrige Formen zurückgeführt werden. Die isolierten Strahlen und Strahlengarben sind nichts anderes als unvollständige Strahlenreihen; die sehr langen Strahlen, die bisweilen in O und W vom Horizonte bis zum Zenithe zu reichen scheinen, zeigen sich bei näherer Betrachtung als nichts anderes als Strahlenreihen, deren einzelne Strahlen wegen ihrer Lage im Verhältnisse zum Beobachter sich zum Teile decken. Die Nordlichtwolken sind sozusagen Überreste von früher strahlenden Nordlichtern, und auch sie scheinen aus Lichtschichten in der Richtung der erdmagnetischen Kraft zu bestehen.

Die ausgebreiteten roten Flächen, die bei grossen Nordlichtern bisweilen über ausgedehnte Strecken des Himmels beobachtet werden, traten in Koutokeino nie auf, so dass Verf. keine Meinung darüber hat, ob die Schicht hier wirklich eine mit der Erdoberfläche parallele, oder ob auch hier die Richtung dieselbe wie die der übrigen Nordlichtformen ist.

Lange war Verf. im ungewissen darüber, wie die als „Koruskation“ bezeichnete Nordlichtform eigentlich aufzufassen sei. Sie bietet meistens eine so heftige und energische Bewegung dar, dass es kaum möglich ist, sich einen deutlichen Begriff von der eigentlichen Natur und Beschaffenheit der Erscheinung zu bilden. Mitunter kann beinahe der ganze Himmel von dieser Form eingenommen sein und in längerer Zeit einem sturmbewegten Meere gleichen. Eine

aufmerksame Betrachtung dieser eigentümlichen Erscheinung hat schliesslich zu der Überzeugung geführt, dass auch diese Form von Lichtflächen, welche die Richtung der Inklinationsnadel haben, gebildet wird. Die anscheinend wellenförmige Bewegung rührt von drei Ursachen her: der kurzen, oft fast momentanen Dauer des Aufflammens, der heftigen, zuckenden, auf- und abgehenden Bewegung der Lichtflächen, und ihrer ausserordentlich schnellen Fortbewegung in horizontaler, mit der Erdoberfläche paralleler Richtung.

Die eigentlichen Nordlichtwolken sehen oft so täuschend niederen Cumuli oder Cumulostrati ähnlich, dass man, besonders bei Mondschein, schwierig entscheiden kann, ob es Wolken oder Nordlichtgebilde sind.

Der nächtliche Himmel dieser Gegenden ist, auch wenn kein Nordlicht vorhanden, nie so dunkel wie in südlicheren Ländern; er ist mehr grau als blauschwarz. Vielleicht liegt immer ein nordlichtartiger Schleier über demselben. Mitunter ist man im stande, dies direkt zu beobachten, nämlich wenn in diesem Schleier Risse oder Zwischenräume entstehen, durch welche man den dunklen Himmelsgrund sieht.

Dass das Nordlicht mitunter einen eigentümlichen Einfluss auf die Wolkenverhältnisse ausübt, hatte Verf. oft Gelegenheit wahrzunehmen. Der Himmel mochte noch so klar sein: nach einem ungewöhnlich starken Ausbruche des Nordlichtes wurde er stets plötzlich mit Wolken überzogen, die sich gleich darauf wieder auflösten und verschwanden.

In betreff der Lichtstärke des Nordlichtes in den arktischen Gegenden macht man sich in südlicheren Ländern sehr übertriebene Vorstellungen. Dass das Nordlicht die Sonne ersetzen kann, ist eine Fabel; dass die Bewohner jener Gegenden auf ihren Reisen und bei ihren Arbeiten einen wesentlichen Nutzen von dem Nordlichte als Lichtquelle haben, ist eine grosse Übertreibung. Gewöhnlich ist die Gesamtlichtmenge so gering, dass sie zur Erhellung der Nacht fast nichts beiträgt, und in der Vollmondszeit muss das Nordlicht schon ziemlich stark sein, um überhaupt auf dem vom Monde erleuchteten Himmelsgrunde sichtbar werden zu können. Wenn der Mond innerhalb des Gebietes des Nordlichtes zu stehen kommt, verschwindet das letztere vollständig in grossem Abstande um den Mond herum, und auf dessen Scheibe wird nichts Ungewöhnliches bemerkt. In einzelnen Momenten kann das Licht allerdings einen hohen Grad von Intensität erreichen und eine erstaunliche Helligkeit über die Landschaft werfen; diese Momente sind aber so kurzdauernd, dass diese Beleuchtung für die Bewohner des Inneren von Finnmarken keine irgendwelche praktische Bedeutung haben kann.

Alle in Koutokeino angestellten Versuche, das Nordlicht zu photographieren, misslangen."

Gleichzeitig mit Koutokeino wurde auch in Bossekop seitens der norwegischen Polarstation beobachtet, und es ergiebt sich, dass

in den weitaus meisten Fällen an beiden Orten die nämlichen Objekte beobachtet worden sind. Im ganzen wurden an beiden Stationen 60 korrespondierende Messungen angestellt, und die Rechnung zeigt, dass die Höhen des unteren Bogenrandes des Nordlichtes zwischen 19 und 217 *km* varrierten; im Mittel beträgt diese Höhe 115 *km*.

Naturgetreue Zeichnungen der bisweilen sehr eigentümlichen Formen gewisser Nordlichter sind sehr selten. Dr. Dorst hat auf der Rosenthal'schen Polarexpedition eine grosse Anzahl merkwürdiger Nordlichter in Farbenstiftzeichnungen wiedergegeben. Von diesen bis jetzt nicht veröffentlichten Abbildungen sind auf Taf. IV und V getreue Reproduktionen gegeben. Zu bemerken ist dabei, dass die Farben nur bei Lampenlicht Giltigkeit haben, weil die Abbildungen eben bei Lampenbeleuchtung von Dr. Dorst ausgeführt wurden.

20. Optische Erscheinungen der Erdatmosphäre.

Dämmerungsstreifen. Am 28. Mai 1892, an dem im weiten Gebiete Norddeutschlands heissesten Tage, sah man in Berlin kurz nach Sonnenuntergang das unter dem Namen der „Dämmerungsstrahlen“ oder richtiger „Dämmerungsstreifen“ besonders dem Bewohner der Gebirgsgegenden wohlbekannte, im Flachlande jedoch in solcher Klarheit und Schönheit der Ausbildung verhältnismässig selten wahrnehmbare optische Phänomen. Es ist natürlich wohl zu unterscheiden von dem sogen. Wasserziehen der Sonne. A. Berson verbreitet sich über die Herkunft dieser Dämmerungsstreifen[1]). „Jedenfalls,“ bemerkt er, „ist die Ursache, auf welche schliesslich die Dämmerungsstreifen zurückzuführen sind, offenbar und notwendigerweise das Vorhandensein eines oder einer Reihe von unter dem Horizonte befindlichen Körpern, welche in gerader Richtung zwischen dem Beobachter und der Sonne liegen und den Lichtkegel, welchen die Sonne noch über den Horizont in die Atmosphäre hinaufschickt, deren obere Teile erleuchtend, durch dunkle Schattenstreifen unterbrechen. Gewisse Einschränkungen und Komplikationen, welche diese Erklärung erleidet, mögen unerörtert bleiben. Es soll nur eine einfache Betrachtung mitgeteilt werden, welche an den speziellen oben erwähnten Fall geknüpft wurde, und deren Zweck es war, zu ermitteln, wo sich ungefähr die schattenerzeugenden Körper befanden, und welcher Natur dieselben sein konnten.“

Die Berechnung zeigt, dass die Richtung leicht zu bestimmen ist. Die Entfernung dagegen innerhalb weiter Grenzen schwankt (165 — 392 *km*). Bezüglich der Frage nach den schattenwerfenden Körpern bemerkt der Verf.: „Berge von irgendwie beträchtlicherer Höhe und Masse finden sich in jener nordwestlichen Richtung und in der angegebenen Entfernung nicht — da überhaupt in jenen

[1]) Das Wetter 1892. p. 145.

ganzen Gebieten nur Erhebungen von unter 100 *m* existieren, so lässt sich die Entfernung innerhalb enger Grenzen bestimmen, und in dieser kommen Bodenerhebungen von Belang überhaupt nicht vor. Man denkt also gleich an Wolkenmasen, wie ja der Landbewohner ohne weiteres beim Auftreten von Dämmerungsstreifen am Westhimmel für den kommenden Tag schlechtes Wetter prophezeit. Aber diese noch in aller Erinnerung befindlichen letzten Maitage waren von allgemeiner Klarheit des Himmels begleitet. Es müssten sich also gerade in jener Richtung und innerhalb der möglichen Distanz lokale Wolkenmassen, etwa von Wärmegewittern begleitet, befunden haben. Und in der That. Die Gewittermeldungen des Königl. Meteorologischen Institutes liessen für den 28. Mai abends ein Gewittergebiet erkennen, welches in Schleswig, etwa zwischen der Insel Föhr, Ulfshuus (Nordschleswig), Kappeln und Husum liegend, vollständig zusammenfiel mit der Gegend, welche aus der Berechnung der Dämmerungsstreifen vermutet werden musste. Da nun in der Nähe von Berlin das Wetter wolkenlos war, so konnten die von jenen Wolkenmassen in der Richtung gegen uns zu ausgesandten Schattenkegel auf dem klaren Abendhimmel als scharfbegrenzte Streifen wahrgenommen werden. Freilich muss erwähnt werden, dass die früheste Meldung von einem Donner (aus Husum) sich erst auf $8^h\ 57^m$ bezieht — doch konnten und mussten sich selbstverständlich die Wolkenhaufen schon einige Zeit früher zu dicken, scharfe Schatten erzeugenden Massen zusammenballen. Wahrscheinlich ist zum Zustandekommen der schönen und interessanten Erscheinung das Vorhandensein gewisser Trübungen in den unteren atmosphärischen Schichten erforderlich, welche wohl auf grössere Staubmengen zurückzuführen sein dürften, die, wie im vorliegenden Falle, durch trockene und heisse Witterung hervorgerufen zu werden pflegen. Anderenfalls müssten die „Dämmerungsstreifen“ wohl erheblich häufiger auftreten, als dies thatsächlich der Fall ist.

Noch mag erwähnt werden, dass schon früher Riccó festzustellen glaubte, in Sizilien träten derlei Streifen nur zu einer Jahreszeit auf, wo sich die Sonne nach Untergang hinter der grossen Atlaskette befinde, dann aber oft und von grosser Schönheit.

Ebenso sind wiederholt schon z. B. in Magdeburg herrliche Dämmerungsstreifen beobachtet worden, welche mit aller Sicherheit auf das Harzgebirge als schattengebenden Körper zurückgeführt werden konnten.“

Über das Funkeln der Sterne verbreitet sich Dr. Andries [1]. Die Erscheinung im allgemeinen kennt jedermann, und Humboldt sagt von ihr sehr treffend, dass sie die nächtliche Himmelsdecke anmutig belebt. Genauere Beobachtungen darüber sind erst in neuerer Zeit angestellt worden. „Während bei feuchtwarmem Südwinde die Sterne in der Regel mit gleichmässiger Geschwindigkeit

[1]) Das Wetter 1891. p. 31.

und ohne alle zitternde oder schwankende Bewegungen als feine Lichtpunkte durch das Gesichtsfeld eines Fernrohres ziehen, ihr Durchgang bei heiterem Frostwetter und vorherrschenden Ost- und Nordostwinden ein ganz verschiedener ist; sie springen dann im Fernrohre in kurzen Sätzen nach allen Richtungen hin und her, sie erscheinen in diesem Momente in vollem Glanze, im nächsten aber als eine verwaschene Lichtmasse, so dass sie oft ganz zu verschwinden scheinen, d. h. für einen Moment ganz unsichtbar sind. Ausserdem beobachtet man auch noch einen ziemlich lebhaften Farbenwechsel. Diese schwingende oder tanzende Bewegung in Verbindung mit der fortwährend wechselnden Lichtintensität vermindert die Genauigkeit der Fadenantritte in hohem Grade. Bei solchen Luftzuständen kommt es wiederholt vor, dass ein Stern, der im nächsten Augenblicke bei gleichmässigem Fortschreiten an einen Faden des Fadennetzes herantreten sollte, plötzlich eine rückschreitende Bewegung macht, momentan fast ganz verschwindet und im darauf folgenden Augenblicke weit jenseits des betreffenden Fadens in vollem Glanze wieder auftaucht.

Das Funkeln der Sterne ist auch mit blossem Auge sehr wohl zu beobachten, doch kann man die Grösse der Schwingungen nicht so gut taxieren als in einem mit Fadennetz versehenen Fernrohre.“

Versuche, die Erscheinung zu erklären, sind häufig gemacht worden. Allgemeinen Beifall fand aber nur die Theorie Arago's, in welcher das Phänomen auf das Prinzip der Interferenz zurückgeführt wird. Auch sie genügt indessen nicht, und ebensowenig können Undulationen der Luft als Ursache der Scintillation angesehen werden. „Um besseren Einblick in die Sache zu gewinnen,“ sagt Dr. Andries, „ist es notwendig, die Zustände innerhalb der Atmosphäre an denjenigen Abenden näher zu untersuchen, an denen das Funkeln besonders scharf hervortritt. Das Nordlichtgewölk und die Nordlichtstrahlen lassen nicht allein das Licht der Sterne durch, sondern verstärken auch das Funkeln derselben; nach Necker und Forbes wird überhaupt in Schottland ein wirkliches Funkeln der Sterne nur dann beobachtet, wenn ein Nordlicht sichtbar ist. Montigny in Brüssel bestätigte diese Behauptung und fügte noch hinzu, dass auch bei magnetischen Störungen die Scintillation sich plötzlich steigert. Derselbe fand ferner aus langjährigen Beobachtungen, dass beim Herannahen einer jeden Depression das Funkeln der Sterne zunimmt, und dass sein zur Messung der Stärke der Scintillation erfundenes Instrument, das Scintillometer, eine herannahende Cyklone schon anzeigt, wenn das Zentrum derselben noch 900 bis 1000 *km* vom Beobachtungsorte entfernt ist, und das Barometer noch nichts von derselben andeutet. Als am 8. Dezember 1886, 2^h p. das Zentrum einer tiefen Cyklone über der Insel Man lag, beobachtete Montigny in Brüssel eine aussergewöhnliche Intensität der Scintillation, wie er solche seit 1870 nicht beobachtet hatte, und selbst als am 10. Dezember das Zentrum über Südnorwegen lag, also in

einer Entfernung von mehr als 1000 *km* von Brüssel, war das Funkeln immer noch sehr stark. In Portugal betrachtet man das lebhafte Funkeln der Sterne als Vorbote von Stürmen, und in den Tropen deutet dieses Phänomen das Herannahen der tropischen Gewitter an.

In allen oben angeführten Fällen führen aber die höheren Luftschichten zahlreiche Eisnadeln, und es fällt stets die grösste Intensität der Scintillation mit der grössten Menge der in den höheren Luftschichten schwebenden Eiskristalle zusammen. Daraus muss man aber auf einen inneren Zusammenhang beider Erscheinungen schliessen.

Wir sehen also, dass die Stärke der Scintillation stets mit der Tiefe einer Depression und deren Nähe wächst, mit der Abnahme der Tiefe und Entfernung vom Beobachtungsorte aber abnimmt. Da ferner auch bei Auftreten von Nordlichtern ein verstärktes Funkeln der Sterne beobachtet wird, und gerade dann die höheren Luftschichten stark mit Eisnadeln angefüllt sein müssen, weil nach Weybrecht nach dem Erlöschen glänzender Nordlichter stets reichlicher Fall von Eisnadeln beobachtet wird, so dass der Boden sich mehrere Millimeter hoch damit bedeckt, so ist man vollkommen zu dem Schlusse berechtigt, dass zwischen dem Auftreten zahlreicher Eisnadeln in der Atmosphäre und der Scintillation ein ursächlicher Zusammenhang bestehen muss.

Die stets mehr oder minder zahlreich in der oberen Atmosphäre vorhandenen Eisblättchen und Eisnadeln machen fortwährend kleine Schwingungen oder schaukelnde Bewegungen, die an Stärke zunehmen, wenn die elektrischen Ströme der Höhe, die an die Eisnadeln gebunden sind, an Stärke zunehmen; darauf deutet schon die oben hervorgehobene plötzliche Steigerung der Scintillation bei magnetischen Störungen hin. Diese werden bekanntlich, soweit sie nicht durch Erdströme verursacht werden, durch die elektrischen Ströme in der Höhe der Atmosphäre bedingt, letztere aber hängen wieder von den Eisnadeln, als den Trägern derselben ab. Magnetische Störungen oder schwächere Anomalien in der magnetischen Deklination zeigen nach Marié-Davy fast stets mehrere Tage vorher das Herannahen einer stärkeren Depression oder Regenwetters an. Man sieht also, dass alle diese Erscheinungen in einem gewissen Zusammenhange, resp. in einer gewissen Abhängigkeit von einander stehen.

Sowie nun ein von einem sich hin und her bewegenden Spiegel zurückgeworfener Strahl sich hin und her bewegt, oder ein auf ein Prisma auffallender Strahl bei einer Drehung des Prismas um seine Achse stetig in anderer Richtung austreten muss, so müssen auch die durch eine Schicht von Eisnadeln hindurchgegangenen Lichtstrahlen kleine Ablenkungen erfahren, die von dem Grade der Drehung der Eisnadeln und Eisblättchen abhängen. Dabei kann es leicht vorkommen, dass infolge der gleichmässigen Drehung der

Eiskristalle eine Ablenkung der Lichtstrahlen stattfindet, die für einen Augenblick keine derselben in das Auge des Beobachters gelangen lässt, während im nächsten Augenblicke möglichst alle gebrochenen und reflektierten Strahlen ins Auge gelangen. Dadurch werden die grossen Schwankungen der Lichtintensität leicht erklärlich, ebenso der Farbenwechsel; beide Phänomene sind die notwendige Folge der schwingenden Bewegungen der Eisnadeln. Diese Schwingungen erfolgen mit einer gewissen Regelmässigkeit und Gleichmässigkeit, etwa wie der Wellenschlag auf dem Meere, und werden bedingt durch die elektrischen Ströme, deren Träger die Eisnadelschichten sind, und deren Intensität ebenfalls fortwährenden kleinen Schwankungen unterworfen ist. Die Form der Cirruswolken und die Art und Weise ihrer Anordnung und ihrer Bewegung deuten darauf hin, dass sie von einer Kraft getragen, resp. fortgerissen werden, die sich geradlinig weit über Hunderte von Kilometern erstreckt. Über die Natur dieser Kraft kann aber kein Zweifel herrschen, sie muss elektrischer Natur sein."

„Wäre," fährt Dr. Andries fort, „die Ursache des Funkelns in dem Zustande der untersten Luftschichten zu suchen, wie man behauptet hat, so wäre nicht abzusehen, warum gerade an warmen schönen Sommerabenden so oft gar keine Scintillation oder nur eine sehr schwache zu beobachten ist, während doch infolge der starken Sonnenstrahlung tagsüber auch noch in den Abendstunden lebhafte auf- und absteigende Luftströme bestehen, die nach Art der wallenden Bewegung ferner Gegenstände, die man durch die über einer erhitzten Ebene aufsteigenden Luftmassen erblickt, eine ähnliche Bewegung der Sterne erzeugen müssten. Im Gegensatze hierzu beobachten wir aber sehr häufig an kalten, ruhigen und heiteren Winterabenden, wo von unruhiger Bewegung der unteren Luftschichten keine Rede sein kann, die stärkste Scintillation. Der schlagendste Beweis für die Unhaltbarkeit der Ansicht von der Abhängigkeit der Scintillationserscheinungen von der unruhigen Bewegung der unteren Luftschichten ergiebt sich aus den von Dr. Pernter auf dem Hohen Sonnblick im Februar 1888 angestellten Beobachtungen über das Funkeln der Sterne. Aus diesen Beobachtungen geht hervor, dass auf dem Sonnblick (3095 *m*) starke Scintillation öfter beobachtet wird, und der genannte Beobachter stellt folgende Sätze auf: 1. dass die Erregungsursachen der Scintillation auch in höheren Luftschichten öfters vorkommen; 2. dass diese Erregungsursachen zuweilen sogar in den höheren Luftschichten stärker sind, als gleichzeitig in den unteren, und dass daher 3. durch Errichtung von Sternwarten in grösseren Höhen dadurch allein, dass sie in solchen Höhen erbaut würden, wenig oder gar nichts gewonnen wäre, insofern es sich um den störenden Einfluss der Scintillation handelt.

Von dem Funkeln der Sterne ist wohl zu unterscheiden das Schwanken derselben; es besteht in einer langsamen, grösseren Verschiebung des Sternbildes nach irgend einer Richtung und Rückkehr

desselben an seinen früheren Ort. Hier hat man es in betreff der Erregungsursache zweifelsohne mit Luftschichten von sehr ungleicher Dichtigkeit und verschiedenem Brechungsvermögen zu thun. In der Atmosphäre kommen sehr oft Luftströme von sehr verschiedener Temperatur vor; so beobachtete Tissandier am 16. Februar 1873 in einer Höhe von 1600 *m* eine äusserst warme Luftströmung von +17.5° C., während sich unter ihr eine 390 *m* dicke Wolkenschicht befand, deren Temperatur —2° C. betrug. Es ist daher wohl denkbar, dass die von einem tiefstehenden Sterne ausgehenden Strahlen eine solche abnorm warme Luftschicht eben streifen, ehe sie in das Auge des nach dem Sterne blickenden Beobachters gelangen; ändert sich nun die Höhe oder Breite dieser Luftschicht nur wenig, was sehr leicht möglich ist, so können die Lichtstrahlen bald einen Teil der warmen Luftschicht passieren, bald einen solchen der kalten, so dass der Stern scheinbar eine starke Verrückung erleidet, dann aber an seinen früheren Ort zurückkehrt. Ein solches Schwanken, ein langsames Hin- und Herfliegen kann sich wiederholen und sehr beträchtlich sein, je nach dem Grade der langsamen Verschiebung der verschieden dichten Luftmassen, wird aber immer nur in der Nähe des Horizontes, d. h. bei tiefstehenden Sternen, beobachtet, weil nur dann die schräg die Atmosphäre durchschneidenden Strahlen auf längerem Wege solche verschiedenartige Luftzustände antreffen können."

21. Klimatologie.

Die Dauer des Sonnenscheins auf den britischen Inseln ist auf Anregung des Meteor. Council aus 10-jährigen Beobachtungen (1881—1890) abgeleitet worden[1]. Die Zahl der Stationen beträgt 46, worunter 38 auf England entfallen. In der Jahresperiode hat Mai den meisten, Dezember den wenigsten Sonnenschein. Ein Maximum zeigen die Kanalinseln (im August 55 %), während sonst keine Station 48 % erreicht. London hat im 10-jährigen Mittel des Dezember nur 8 Stunden Sonnenschein.

Die Frage, ob die Winter im Norden wärmer geworden sind, behandelt A. Woeikof in einer Zusammenstellung der langen Reihe von Beobachtungen zu St. Petersburg, welche die Période von 1744 — 1890 umfasst[2]. Diese Reihe ist freilich nicht homogen, und die Vergrösserung der Stadt kann nicht ohne Einfluss auf die Lufttemperatur sein, auch fehlen einige Jahre in den Beobachtungen. Es werden die Monate Dezember, Januar und Februar allein behandelt. Es ergiebt sich, dass warme Perioden von 6 bis 18 Jahren alternieren mit kalten, die kältesten fallen auf die beiden letzten Dekaden des 18. und die beiden ersten des 19. Jahrhunderts.

---

[1]) Ten Years Sunshine in the British Isles, London 1891.
[2]) Meteorolog. Zeitschrift 1891. p. 334.

Seitdem ist nur die kalte Periode 1867—1877 zu bemerken, aber auch dann war die Zahl der kalten Tage viel kleiner als in den beiden früheren kalten Perioden. Im grossen und ganzen sind in St. Petersburg intensive Fröste seltener geworden, nach den Untersuchungen von Glaisher sind auch in England die Winter milder geworden, nach einer allgemein verbreiteten Volksmeinung soll es auch überhaupt in Nord- und Zentralrussland so sein, während im Süden des Reiches, namentlich der Krim, dem Kaukasus und Turkestan über kältere Winter geklagt wird.

Das Waldklima. Die Forstmeteorologie hat erst seit kurzer Zeit ihre Daseinsberechtigung praktisch erkämpft, und diese knüpft sich, wie man wohl sagen darf, an den Namen Ebermayer. Gegenwärtig sind sowohl in Deutschland als in Österreich zahlreiche forstmeteorologische Stationen thätig, und Dr. von Lorenz-Liburnau hat die Ergebnisse der Beobachtungen, welche 1885—1887 in Österreich angestellt wurden, veröffentlicht [1]) und eine vergleichende Besprechung der im Deutschen Reiche gewonnenen Resultate beigefügt. Die Ergebnisse dieser umfangreichen Studie sind in folgender Weise zusammenzufassen [2]):

I. Temperaturverhältnisse. Die regelmässige Abnahme der Temperatur mit der Höhe, wie sie sich auch im Freilande vollzieht, erfährt im Walde bei Tage zufolge der Insolation der Baumkronen, insbesondere der höheren Partien derselben, eine räumliche Unterbrechung. Das Kronendach des Waldes verhält sich bezüglich der Temperatur analog einer bodenständigen Vegetation im Freilande, wie es die landwirtschaftlichen Kulturgründe sind. Wie hier eine Abnahme der Temperatur nach oben der normale Vorgang ist, spricht sich im Walde die gleiche Erscheinung erst im oberen Bereiche der Baumkronen aus. Die Sache verhält sich nun in folgender Weise. Zwischen dem Stammraume im Inneren des Waldes und der Region der Baumwipfel schaltet sich an sonnigwarmen Tagen eine Schicht höher temperierter Luft ein. Die Waldluft wird wärmer in dem Masse, als man in die Krone hineinkommt, welche an der Oberfläche selbst am meisten erwärmt ist. Diese Wärmezone reicht in den wärmsten Monaten etwa 2 *m* über die Oberfläche der Kronen hinaus. Von da an nimmt die Temperatur sowohl nach oben als nach unten ab. Es ist somit die Temperatur in den Baumkronen höher als in der korrespondierenden Position des damit verglichenen Freilandes.

Die Stammregion des Waldes, weil beschattet und windfrei, kann in Parallele gestellt werden mit dem Untergrunde einer mit niedriger Vegetation bekleideten Fläche, wie es natürliche Wiesen und grünende Felder sind. Die Herabminderung der Tem-

[1]) Mitt. aus dem forstlichen Versuchswesen Österreichs **17.** 1. Teil. Wien 1890.

[2]) Vgl. Zentralblatt des ges. Forstwesens 1891. Januarheft. Die Analyse von Breitenlohner.

peratur im Waldinneren ist nicht so sehr eine Wirkung der Transpiration, welche bisher überschätzt wurde, als vielmehr der Effekt der Beschattung. Gleichwohl mässigt die Transpirationskälte den Grad der Erwärmung der Luft oberhalb der Kronenoberfläche. Die Luft über dem Walde wird zufolge der Transpiration etwas weniger erwärmt, als wenn die verdunstende Krone nicht vorhanden wäre. Von grossem Einflusse auf das quantitative Verhältnis der Temperatur zwischen Wald und Freiland ist der spezifische Charakter des Waldes einerseits und des Freilandes anderseits.

Die absoluten Werte der Temperaturdifferenz zwischen Wald und Feld sind nicht sehr erheblich und belaufen sich im günstigsten Falle auf weniger als einen Grad.

In der Nacht erkaltet zufolge der Ausstrahlung die Vegetationsdecke des Freilandes, sowie das Blätterdach der Baumkronen, doch ist die Erniedrigung der Temperatur in beiden Belangen graduell verschieden.

II. Verhältnisse der Feuchtigkeit der Luft. Der Wald als ein nachhaltigeres Reservoir von Wasser gegenüber dem sich daran leichter und auch früher erschöpfenden Freilande erhöht in unserem Falle zugleich die absolute und relative Feuchtigkeit. Die absolute Feuchtigkeit nimmt, wie allgemein, mit der Erhebung über die Baumkronen ab.

.Die Aufnahmsfähigkeit der Luft für Wasser, die sogenannte Wasserdampfkapazität, steigt und fällt mit der Zunahme und der Abnahme der Temperatur. In Gegenden mit hoher Sommerwärme steigt die absolute und fällt die relative Feuchtigkeit — ein Kriterium trockener Klimate. Im Winter, da die Temperatur niedrig ist, sinkt die absolute Feuchtigkeit, wogegen die relative einen hohen Wert erlangen kann. Wenn bei hinlänglichem Wasservorrate die Temperatur zunimmt, steigert sich zugleich die absolute und relative Feuchtigkeit.

Da nun in Ried unter dem Einflusse des Waldes eine Zunahme der absoluten und relativen Feuchtigkeit der Luft konstatiert wurde, so könnte diese erwiesene Thatsache in Widerspruch geraten mit den Resultaten der forstmeteorologischen Stationen des Deutschen Reiches, nach welchen bloss die relative Feuchtigkeit eine Zunahme erfährt.

Diese scheinbare Kontroverse klärt sich sofort auf, wenn man die klimatisch-geographische Situation beider Reiche ins Auge fasst. Die deutschen Stationen liegen mehr oder weniger im Bereiche des Seeklimas mit kühleren und auch feuchteren Sommern. Österreichs Sommerklima dagegen hat einen mehr kontinentalen Charakter. In Deutschland wird wegen der geringen Sommertemperatur auch eine geringere absolute, dafür aber eine grössere relative Feuchtigkeit der Waldluft resultieren. In Österreich ist die trockenere und wärmere Sommerluft aufnahmsfähiger für disponibles Wasser, und unter dem abkühlenden Einflusse des Waldes ergeben sich gleich-

mässig höhere Beträge der absoluten und relativen Feuchtigkeit der Luft.

In Gegenden mit vorwiegendem Getreidebaue wird daher der Wald zur Zeit, da die Halmfrucht der Reife entgegengeht oder bereits das Feld geräumt hat, den Wassergehalt der Luft in der Umgebung bereichern können.

Wenn der Überschuss der absoluten Feuchtigkeit in Kronenhöhe 0.5 *mm* Dunstdruck beträgt, so würde derselbe erst in einer Höhe von 12.5 *m* über den Kronen aufgehoben werden. Nun wurden aber Überschüsse bis zum Betrage von 2.24 *mm* Dunstdruck gefunden. Es muss somit der Wald zu Zeiten bis in eine ansehnliche Höhe hinauf den Wassergehalt der Luft vermehren.

Da demnach unter dem Einflusse des Waldes die absolute und die relative Feuchtigkeit zunimmt, so kann in jenen Luftschichten, welche den Kronenraum unmittelbar berühren oder doch nicht zu weit davon abstehen, zufolge einer Erniedrigung der Temperatur, oft nur um wenige Grade, der Sättigungspunkt erreicht und auch überschritten werden, in welch letzterem Falle Ausscheidungen des Wasserdampfes in flüssiger Form als Niederschlag eintreten; denn die Luft kann nur für eine gewisse Temperatur eine gewisse Quantität Wasser in Form von Gas erhalten. Es begünstigt sonach der Wald wenigstens die Bildung von Niederschlägen.

III. Fernwirkung des Waldes. Zur Konstatierung der Fernwirkung des Waldes sind sogenannte Radialstationen erforderlich, nämlich Beobachtungspunkte, welche, anknüpfend an die Waldstationen, in verschiedenen Abständen vom Walde und nach entgegengesetzten Kompassstrichen die Unterlagen liefern, um erkennen zu lassen, ob und wie weit sich der Einfluss des Waldes erstreckt. Die Resultate solcher Radialstationen, welche Hofrat v. Lorenz bereits 1884 in Niederösterreich und in Ostgalizien errichtete, werden den Inhalt eines demnächst erscheinenden Heftes bilden.

Es lassen sich jedoch schon im Anhange zu den erörterten meteorologischen Eigentümlichkeiten der Waldluft ohne weiteres einige naheliegende Konsequenzen ziehen.

Bei Abwesenheit allgemeiner Luftströmungen kann der Wald vermöge seiner eigenartigen meteorologischen Zustände, vornehmlich der Lufttemperatur, einen selbständigen Luftzug oder Luftwechsel hervorbringen. Diese gelinden Strömungen, welche man Zirkulationsströmungen nennen kann, sind ganz lokaler Natur. Der Wald atmet, indem er gleichsam rhythmisch aspiriert und respiriert.

Am Tage zieht die kühlere Waldluft nach dem umgebenden Freilande, wird hier erwärmt und durch die Kronen hindurch wieder zurückgesaugt. Während der Nacht, da das Freiland intensiver erkaltet, als das Waldinnere, wird sich eine umgekehrte Zirkulation der Luft einstellen. Das sind Ausgleichsströmungen zwischen Wald und Feld, welche, obgleich sehr mässig, doch gegenseitige Beziehungen unterhalten und bis zu einem gewissen Abstande vom Waldsaume

die Verhältnisse der Temperatur und Feuchtigkeit der Luft in der Umgebung, aber auch im Walde selbst, modifizieren. Wir haben es da zu thun mit einer Art Wechselwinde oder Tag- und Nachtwinde schwächsten Grades.

Nehmen wir nun eine allgemeine Luftströmung an. Im Inneren eines ausgedehnten, geschlossenen Waldes wird auch ein starker Wind sich bis zur völligen Windstille abschwächen. Der Wald wird nicht durchweht, aber überweht, und zwar werden die oberen Kronenpartien am kräftigsten durchstrichen. Die Luftschicht, welche durch die Kronen hinwegzieht, nimmt auch die meteorologischen Eigenschaften dieser Region mit sich fort.

Die Luv- oder Anprallseite des Waldes wird anders betroffen, als die abgekehrte oder Leeseite, der Windschatten. Anfänglich wird an der Leeseite ein windstiller Winkel bestehen, aber nicht lange bestehen können, weil weiterhin diese ruhende Luft in den darüber hinfliessenden Strom mit hinaufgerissen wird. Der Abgang wird nun ersetzt werden, und zwar zumeist vom Freilande her. Es wird somit auch die Leeseite in die herrschende Windrichtung mit einbezogen. Solche allgemeine Luftströmungen werden notwendigerweise die Verhältnisse der Temperatur und Feuchtigkeit der Luft leeseits des Waldes bis zu einem gewissen Grade modifizieren. Inwieweit diese Folgerungen in der Wirklichkeit eine Bestätigung finden, wird sich eben aus den Resultaten der Radialstationen erweisen.

Druck von Oskar Leiner in Leipzig. 28801